


ISBN 978-81-906128-6-9








ఎలా తెలుసుకున్నాం? - 10

# కిరణజన్య సంయోగక్రియ

## ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం : డా|| వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి



విజ్ఞాన ప్రచురణలు



మంచి పుస్తకం

ఎలా తెలుసుకున్నాం?-10

# కిరణజన్య సంయోగక్రియ

ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం : డా॥ వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి



విజ్ఞాన ప్రచురణలు



మంచి పుస్తకం

How Did We Find Out PHOTOSYNTHESIS? by Isaac Asimov

*ఎలా తెలుసుకున్నాం? - 10*

**కిరణజన్య సంయోగక్రియ**

రచయిత : ఐజాక్ అసిమోవ్
అనువాదం : డా॥ వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి
మొదటి ముద్రణ : ఫిబ్రవరి, 2008
రెండవ ముద్రణ : నవంబరు, 2012
మూడవ ముద్రణ : నవంబరు, 2017
ప్రతుల సంఖ్య : 2000

**వెల : రూ. 25/-**

ISBN No. 978-81-906128-6-9
ప్రచురణ, ప్రతులకు :
**విజ్ఞాన ప్రచురణలు**
**ప్రజా సైన్స్ వేదిక**
జి. మాల్యాద్రి, ప్రచురణల విభాగం
162, విజయలక్ష్మీనగర్, నెల్లూరు - 524 004,
ఫోన్: 94405 03061

**మంచి పుస్తకం**
12-13-439, వీధి నెం. 1,
తార్నాక, సికింద్రాబాద్ - 500 017.
ఫోను: 94907 46614
email: info@manchipustakam.in
website: www.manchipustakam.in

ముద్రణ :
చరిత ఇంప్రెషన్స్,
1-9-1126/బి, అజామాబాద్,
హైదరాబాద్-20. ఫోన్: 040-2767 8411

## విషయ సూచిక

# 1. ప్రాణ వాయువు

మనం అందరం ఊపిరి తీసుకుంటాం. ఊపిరితిత్తుల నిండా గాలి నింపుకుని తిరిగి ఆ శ్వాసను బయటికి వదిలేస్తాం.

మనం లోపలికి తీసుకున్న గాలిలో ఐదవ వంతు ప్రాణవాయువు (ఆక్సిజన్) ఉంటుంది. ఆ ఆక్సిజన్ మన శరీరంలో కార్బన్, హైడ్రోజన్ (ఉదజని) ఉన్న పదార్థాలతో కలుస్తుంది. ఆక్సిజన్‌తో కలిసి కార్బన్ కాస్తా కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌గా మారుతుంది. ఆక్సిజన్‌తో కలిసి హైడ్రోజన్ నీరు అవుతుంది.

మనం శ్వాస బయటికి విడిచినప్పుడు, లోనికి తీసుకున్న గాలిలో ఉన్న ఆక్సిజన్‌లో కొంత లోపిస్తుంది. ఆ ఆక్సిజన్‌కి బదులుగా కొంత ఆవిరిని బయటికి వదులుతాం. ఈ ప్రక్రియనే రెస్పిరేషన్ (శ్వాస) అంటారు. పదే పదే ఊపిరి తీసుకోవడం అన్న అర్థం గల లాటిన్ పదం నుండి రెస్పిరేషన్ వచ్చింది.

మనం అనుక్షణ ఊపిరి తీసుకుంటూ ఉంటాం. మనుషులే కాదు జంతువులూ అలాగే చేస్తాయి. ఈ ఉచ్ఛ్వాస, నిశ్వాసాలు భూమి మీద జంతువులు కొన్ని కోట్ల ఏళ్లుగా తీసుకుంటున్నాయి. మరి అటువంటప్పుడు వాతావరణంలో ఉన్న ఆక్సిజన్ అంతా ఈ పాటికి ఎందుకు హరించుకుపోలేదు? ఆక్సిజన్ స్థానంలో కార్బన్ డయాక్సయిడ్, నీరు ఎందుకు నిండిపోలేదు?

అలాగే శరీరంలో కార్బన్, హైడ్రోజన్‌లు ఉన్న పదార్థాల మాటేమిటి? మనం లోనికి తీసుకునే ఆక్సిజన్‌తో అవి కలిసిపోతూ ఉంటే అవి క్రమంగా ఎందుకు హరించుకుపోవు?

శరీరంలోని కార్బన్, హైడ్రోజన్‌లని భర్తీ చెయ్యాలంటే ఆ పదార్థాలు ఉన్న ఆహారం తినాలి. మరి కార్బన్, హైడ్రోజన్ ఉన్న ఆహారం మనకు ఎక్కడ దొరుకుతుంది? మనం రకరకాల ఆకులు, పళ్ళు, కూరగాయలు తింటాం. మనం కోళ్లు, పశువులు, గొర్రెలు, పందులు మొదలైన జంతువుల మాంసం తింటాం. ఆ జంతువులు మళ్లీ శాకాహారం తింటాయి. చిట్టచివరికి కార్బన్, హైడ్రోజన్‌లు మొక్కల నుండే లభ్యం అవుతాయి. ప్రత్యక్షంగానో, పరోక్షంగానో మొత్తం జంతులోకానికి మొక్కలే ఆహారం అవుతాయి.

మరి మొక్కలకి కార్బన్, హైడ్రోజన్‌లు ఎక్కడ దొరుకుతాయి? అవి భోజనం చెయ్యవు కదా?!!

మనకిప్పుడు రెండు ముఖ్యమైన ప్రశ్నలు ఎదురవుతాయి. మన చుట్టూ ఉన్న గాలిని ఖాళీ చేసేయకుండా మనం ఊపిరి ఎలా తీసుకోగలుగుతున్నాం? భూమి మీద ఆహార వనరులని హరించేయకుండా మనం ఎలా తిని మనగలుగుతున్నాం?

గాలి మీద పరిశోధన కన్నా మొక్కల మీద పరిశోధన తేలిక. ఎందుకంటే అవి కంటికి కనిపిస్తాయి. అవి ఏపుగా ఎదగడం చూడొచ్చు. వాటిని మట్టిలో నాటి నీరు పోస్తే తప్ప పెరగవు. అంటే మట్టి, నీరు మొక్కలోని పదార్థంగా మారుతున్నాయన్నమాట.

ఈ సంగతేంటో తేల్చుకుందామని 1643లో జాన్ బాప్టిస్టా హెల్మాంట్ (1577-1644) అనే బెల్జియన్ శాస్త్రవేత్త ఓ ప్రయోగం చేశాడు. ఓ పెద్ద తొట్టెలో మట్టి తీసుకుని, దాని బరువు తూచి, అందులో ఓ విల్లో మొక్కని నాటాడు. తను పోసే నీరు తప్ప మట్టిలోకి ఏమి జొరబడకుండా మట్టిని కప్పి ఉంచాడు. ఆ చెట్టును అలా ఐదేళ్ల పాటు నీరు పోసి పెంచాడు. అప్పుడు ఆ చెట్టును వేళ్ళతోపాటు పెకలించి, వేళ్లకి అంటిన మట్టిని విదిలించి తిరిగి ఆ మట్టిని తొట్టెలోనే పోశాడు.

విల్లో చెట్టు బరువు తూయగా 164పౌన్లు ఉందని తేలింది. కాని మట్టి బరువు మాత్రం రెండు ఔన్సులు మాత్రమే తగ్గింది. మొక్కలోని పదార్థంగా మారింది మట్టికాదు, అందులో పోసిన నీరేనని నిర్ధారించాడు హెల్మాంట్.



హెల్మాంట్ కాలం నాటికి వివిధ పదార్థాలలో వివిధ రకాల పరమాణువులు ఉంటాయని తెలియదు. నీటిలో హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్ పరమాణువులు మాత్రమే ఉంటాయని, మొక్కల్లో హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్, కార్బన్ పరమాణువులు కూడా ఉంటాయని హెల్మాంట్‌కి తెలీదు.

హెల్మాంట్ పెంచిన చెట్టును పోషించింది కేవలం మట్టి, నీరు మాత్రమే కాదు. గాలి కూడా దాన్ని పోషించింది. అయితే హెల్మాంట్ ఆ విషయాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకోలేదు. అతడే కాదు ఆ రోజుల్లో ఎవరూ ఆ విషయాన్ని పట్టించుకోలేదు. చూడలేమని, తాకలేమని కాబోలు గాలిని నిర్లక్ష్యం చేస్తూ వచ్చారు.

హెల్మాంట్ గాలి మీద కూడా పరిశోధనలు చేస్తూ వచ్చాడు. గాలిలో రకాలు ఉన్నాయని గుర్తించిన వారిలో మొట్టమొదటి వాడు అతడు. వాయువులు



**జాన్ బాప్టిస్టా హెల్మాంట్**

అదృశ్యమైనవి కాబట్టి, అపురూపమైనవి కాబట్టి అవి ప్రాచీన గ్రీకులు చెప్పిన కెయాస్ లాంటివి, అంటే కల్లోలితమైన, రూపరహితమైన తత్వాలు అయ్యుంటాయని ఊహించాడు హెల్మాంట్. ఈ కెయాస్ అనే పదాన్ని హెల్మాంట్ తన స్వభాషలో తనకి చేతనైనట్టు ఉచ్చరించాడు. ఆ దెబ్బకి కెయాస్ కాస్తా గ్యాస్‌గా మారింది! అందుకే ఇప్పటికీ మనం గాలిని, గాలిలాంటి పదార్థాలని గ్యాస్, అంటే వాయువులు అని పిలుస్తాం.

కట్టెని కాల్చినప్పుడు పుట్టే వాయువుకి, మామూలు గాలికి మధ్య తేడా ఉందని గుర్తించాడు హెల్మాంట్. గాలిలో మండినట్టుగా మండే కర్ర నుండి పుట్టిన ఆ వాయువులో వస్తువులు మండవు. ఈ కొత్త వాయువు నీట్లో కరుగుతుంది. మామూలు గాలి కరగదు. హెల్మాంట్ పరిశీలించిన వాయువు ప్రస్తుతం మనం కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ అని పిలిచే వాయువు.

మొక్కల పెరుగుదలకి కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ చాలా ముఖ్యం అన్న సంగతి హెల్మాంట్‌కి తెలీదు.

తక్కిన శాస్త్రవేత్తలకి కూడ గాలి మీదకి గాలి మళ్లింది. స్టెఫెన్ సేల్స్ (1677-1761) అనే బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త వాయువులని చాలా క్షుణ్ణంగా పరిశోధించాడు. మొక్కల పెరుగుదలలో వాయువుల పాత్ర ఏమైనా ఉందా అని 1727లో ఆయనకి ఓ సందేహం కలిగింది. అయితే ఆ వాయువు ఏమై ఉంటుందో తెలుసుకోలేకపోయాడు.

1756లో జోసెఫ్ బ్లాక్ (1728-1799) అనే మరో బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌ను పరిశీలించాడు. అది సున్నం (లైమ్)తో కలిసి దాన్ని సున్నపురాయి (లైమ్ స్టోన్)గా మార్చుతోందని తెలుసుకున్నాడు.

అయితే మార్పు జరగడానికి లైమ్‌ని కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌తో ప్రత్యేకించి సంపర్కించనక్కర్లేదని తెలుసుకున్నాడు. ఊరికే గాల్లో పెడితే అది క్రమంగా మారుతుంది. అంటే మన చుట్టూ ఉండే గాల్లోనే కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ ఉందన్న మాట. ఎక్కువ లేకపోవచ్చు. కాని ఉండనయితే ఉంది.

1772లో డేనియల్ రూథర్‌ఫర్డ్ (1749-1819) అనే మరో బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త ఓ మండే కొవ్వొత్తిని ఓ మూసిన పాత్రలో ఉంచాడు. కాసేపు అయ్యాక కొవ్వొత్తి ఆరిపోయింది. మండే కొవ్వొత్తి కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌ను పుట్టిస్తుందని



అప్పుడే అందరికీ తెలిసింది. ఈ ప్రయోగం బట్టి చూస్తే చుట్టూ ఉన్న గాలిని కొవ్వొత్తి తీసుకుని దాని స్థానంలో కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌ను భర్తీ చేసినట్టు అనిపించింది.

అయితే కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ కొన్ని రసాయనాలతో కలుస్తోంది. కొవ్వొత్తి మండిన పాత్రలో ఆ రసాయనాలను ఉంచినప్పుడు కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ మాయమయ్యింది. పాత్రలో ఇంకా గాలి మిగిలి ఉంది గాని అందులో కొవ్వొత్తి మండలేదు.

పాత్రలో మిగిలిన వాయువు కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ కాదని, ఈ వాయువులో కూడా మంట నిలవదని రూథర్‌ఫర్డ్ నిర్ధారించాడు. తదనంతరం ఆ వాయువుకి నైట్రోజన్ (నత్రజని) అని పేరు పెట్టారు.

తరువాత 1774లో జోసెఫ్ ప్రీస్ట్లీ (1733-1804) అనే బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త వస్తువులు ఉధృతంగా మండే ఓ వాయువును గాలి నుండి వెలికితీశాడు. మందంగా నిప్పులా రగులుతున్న ఓ వస్తువును ఆ వాయువులో పెడితే అది భగ్గుమంటుంది. ఆ వాయువుకే తదనంతరం ఆక్సిజన్ అన్న పేరు వచ్చింది.

చివరికి 1775లో ఆంట్వాన్ లారెంట్ లెవోజియే (1743-1794) అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త అంతవరకు వచ్చిన ఫలితాలన్నీ కూర్చి సమస్యని పరిష్కరించాడు. గాలి రెండు వాయువుల మిశ్రమం అని అతడు చాటాడు. గాలిలో 4/5 వంతులు నైట్రోజన్, 1/5 ఆక్సిజన్ ఉంటుంది. గాలిలో వస్తువులు మండడానికి కారణం ఆక్సిజనే. మనుషుల, జంతువులకు ఊపిరి ఆక్సిజనే. (గాలిలో కొంచెం కార్బన్డయాక్సయిడ్ కూడా ఉంటుంది. అది 1/300 వంతు మాత్రమే.)

లెవోజియే చెప్పిన దాని బట్టి చూస్తే మరి భూమి మీద మనుషుల, జంతువుల శ్వాసవల్ల, మండే మంటల వల్ల ఆక్సిజన్ అంతా హరించుకుపోయి దాని స్థానే కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ ఎందుకు నిండిపోవడం లేదు అన్న ప్రశ్న వస్తుంది? అదే జరిగితే శ్వాస గల జీవాలన్నీ చచ్చిపోతాయి. ఇక ఏదీ మండదు. కాని అలా జరగడంలేదు. గాలిలో బోలెడంత ఆక్సిజన్ ఉంటోంది.

గాలిలో హరించుకుపోతున్న ఆక్సిజన్‌ని ఏదో వేగంగా భర్తీ చేస్తోంది. ఇంతకీ ఆ శక్తి ఏమిటి?



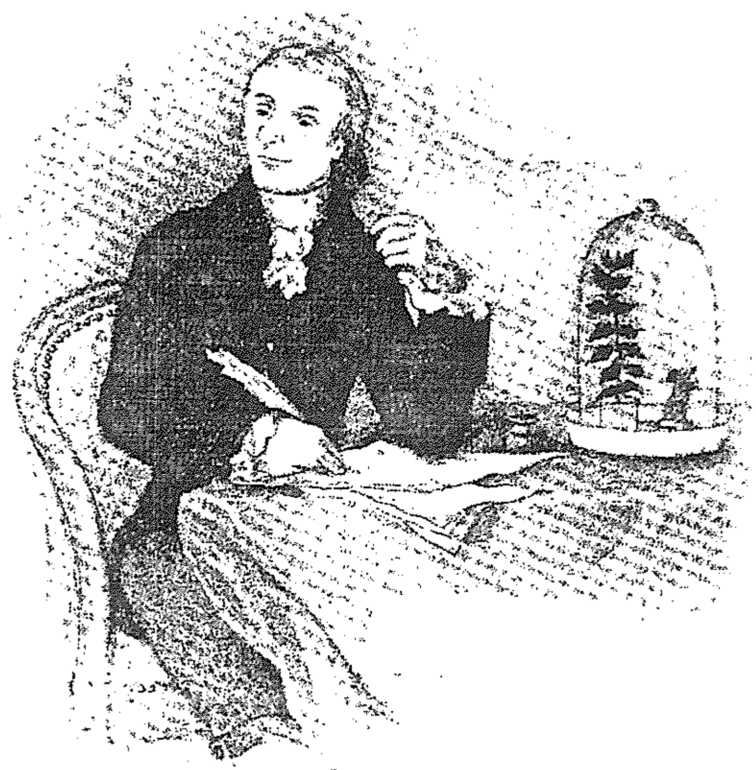
**ఆంట్వాన్ లెవోజియే**

ప్రీస్ట్లీ పరిశోధనల్లో ఆ సమస్యకి సమాధానం యొక్క తొలి సూచనలు కనిపించాయి. 1771లో ప్రీస్ట్లీ ఓ మూసిన పాత్రలో ఓ ఎలుకని ఉంచాడు. కొంతసేపటికి ఆ ఎలుక పాత్రలోని ఆక్సిజన్ అంతటినీ వాడేసి ఇక ఊపిరాడక చచ్చిపోయింది.

అదే పరిస్థితుల్లో మరి మొక్కలు కూడా చచ్చిపోతాయా అని ప్రీస్ట్లీ ప్రయోగం చేశాడు. అదే పాత్రలో ఎలుకని తీసేసి ఓ పొదీనా రెమ్మని ఓ గ్లాసుడు నీళ్లలో పెట్టి ప్రవేశపెట్టాడు.

మొక్క చావలేదు. అదే పాత్రలో కొన్ని నెలల పాటు లక్షణంగా పెరిగింది. అంతేకాదు ఆ కాలం తరువాత ఆ పాత్రలో మరో ఎలుకని ప్రవేశపెడితే అది ఆ ప్రాతలో హాయిగా, దర్జాగా బతికింది! ఆ పాత్రలో కొవ్వొత్తి కూడా మండింది.





**జోసెఫ్ ప్రీస్ట్లీ**

ఏం జరుగుతోందో ప్రీస్ట్లీకి అర్థం కాలేదు. ఎందుకంటే అప్పటికి ఇంకా ఆక్సిజన్ ఆవిష్కరణ జరగలేదు. అయితే గాలిలోని అంశాలేమిటో లెవోజియే విడమరిచి చెప్పాక అంతా తేటతెల్లమయ్యింది. గాలిలోని ఆక్సిజన్‌ని జంతువులు హరిస్తూ ఉంటే, మొక్కలు దాన్ని తిరిగి ఎలాగో భర్తీ చేస్తున్నాయి. అంటే భూమి మీద వృక్షలోకం ఉన్నంత కాలం ఆక్సిజన్ ఎప్పటికీ హరించుకుపోదు. ఆ విషయం తెలుసుకున్న నాటి శాస్త్రవేత్తలు ఎంతో సంతోషించారు. కాని వేల ఎకరాల అటవీ సంపదని సాగునేల కోసం, కలప కోసం నాశనం చేస్తున్న ప్రస్తుత పరిస్థితుల్లో నేటి శాస్త్రవేత్తలు ఆ సంతోషంలో పాలుపంచుకో లేకపోతున్నారు.

# 2. కాంతి - కార్బోహైడ్రేట్లు

ఆక్సిజన్ మన శరీరంలోని పదార్థాలతో కలిసినప్పుడు కార్బన్ డయాక్సయిడ్, నీటితో పాటు శక్తి కూడా పుడుతుంది. ఈ శక్తి లేదా ఎనర్జీ అనే ఇంగ్లీష్ పదం పని చేయగలది అన్న అర్థం గల గ్రీకు పదాల నుండి వచ్చింది. దేహ పదార్థాలకి, ఆక్సిజన్‌కి మధ్య సంయోగంలో పుట్టే రసాయన శక్తి వల్లనే కదలడానికి, తదితర పనులు చేసుకోడానికి మనకి వీలవుతోంది.

ప్రీస్ట్లీ కాలంలో శాస్త్రవేత్తలకి ఈ శక్తి గురించి పెద్దగా తెలియదు. కాని తరువాత కాలంలో శక్తి గురించి చాలా విషయాలు తెలిశాయి. కార్బన్, హైడ్రోజన్ పరమాణువులతో ఆక్సిజన్ కలిసినప్పుడు కార్బన్‌డయాక్సయిడ్, నీరు, శక్తి పుట్టిన పక్షంలో మరి దానికి వ్యతిరేక దిశలో చర్య జరిగితే ఏమవుతుంది? ఆక్సిజన్ మళ్లీ పుట్టి గాల్లోకి వెలువడుతుందా? శక్తి విషయంలో కూడా అలాగే జరుగుతుందని తరువాత శాస్త్రవేత్తలు తెలుసుకున్నారు. ఆక్సిజన్ ఉత్పన్నంలో మళ్లీ శక్తి వ్యయమవుతుంది. మరి మొక్కలు ఆక్సిజన్‌ని సృష్టిస్తున్నాయంటే అందుకు కావలసిన శక్తి ఎక్కణ్ణుంచి వస్తోంది?

జాన్ ఇంగెన్ హవుజ్ (1730-1799) అనే డచ్ శాస్త్రవేత్తకి దాని సమాధానం దొరికింది. మొక్కలు ఆక్సిజన్‌ని ఉత్పత్తి చేసే పద్ధతిని అతడు పరిశోధిస్తూ పోయాడు. కాంతి ఉన్న పరిస్థితుల్లోనే ఆ ఉత్పత్తి జరుగుతుందని 1779లో అతడు గమనించాడు. చీకట్లో మొక్కలు ఆక్సిజన్‌ని తయారు చెయ్యలేవు.



సూర్యరశ్మిలో శక్తి ఉంటుంది. మొక్కలు ఆ శక్తిని వాడుకుని దాని సహాయంతో జంతువులకి ఆహారంగా పనికొచ్చే సంక్లిష్టమైన పదార్థాలని తయారు చెయ్యగలుగుతున్నాయి. సూర్యకాంతిలోని శక్తిని ఉపయోగించి మొక్కలు ఆక్సిజన్‌ని కూడా తయారు చెయ్యగలుగుతున్నాయి.

మూలపదార్థాల నుండి సంక్లిష్ట పదార్థాలని నిర్మించే ప్రక్రియనే సంయోగం (synthesis) అంటారు. ఇది కూర్పు అన్న అర్థంగల గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది. ఈ కూర్పుకి కావలసిన శక్తి సూర్యకిరణాల నుండి వస్తోంది కాబట్టి దీనికి కిరణజన్య సంయోగక్రియ (photosynthesis) అని పేరు.

ఈ కిరణజన్య సంయోగక్రియ భూమి మీద జరిగే అతి ముఖ్యమైన జీవరసాయనిక చర్య. మనుషుల, జంతువుల జీవనానికి కావలసిన ఆహారం, ఆక్సిజన్ ఈ క్రియ నుండే పుడుతున్నాయి.

అయితే నీటి నుండీ హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్‌లు మాత్రమే వస్తాయి. మరి కార్బన్ ఎక్కడినుండి వస్తోంది అన్న ప్రశ్న ఇంకా మిగిలిపోయింది.

1782లో జాన్ సెనేబ్యే (1742-1809) అనే స్విస్ శాస్త్రవేత్త గాలిలోని కార్బన్‌డయాక్సయిడే ఆధారం అయ్యుంటుందని సూచించాడు.

1804లో నికొలాస్ ఎయోడోర్ ద సోసూర్ (1767-1845) అనే మరో స్విస్ శాస్త్రవేత్త హెల్మాంట్ చేసిన ప్రయోగాన్ని మళ్లీ చేసి చూశాడు. అయితే ఈసారి అతడు మొక్కకి నీటితో పాటు జాగ్రత్తగా కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌ని కూడా సరఫరా చేశాడు. ఈ పదార్థంలో ఒక్కొక్కటి ఎంతవరకు వాడబడిందో కొలిచాడు. కార్బన్‌డయాక్సయిడ్, నీరు కలిసి మొక్క పదార్థం తయారవుతోందని అతడు నిరూపించాడు.

ఇంతవరకు మనం చూసిన దానికి ఇదీ తాత్పర్యం:

**మొక్కల్లో :** కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ + నీరు + సూర్యరశ్మి → ఆహారం + ఆక్సిజన్ (కిరణజన్య సంయోగక్రియ)

**జంతువుల్లో :** ఆహారం + ఆక్సిజన్ → కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ + నీరు + శక్తి (శ్వాస)

అంటే కిరణజన్య సంయోగక్రియ, శ్వాసలు పరస్పర వ్యతిరేక దిశల్లో సాగే ప్రక్రియలు అన్నమాట. ఈ వ్యవహారంలో కాంతి శక్తి రసాయనిక శక్తిగా మారుతోంది. కాంతి శక్తి హరించుకుపోతుంది గాని, ఆహారం, ఆక్సిజన్‌లు కాదు. అయితే కాంతి శక్తి గురించి మనం బెంగ పెట్టుకోనక్కర్లేదు. సూర్యుడు కొన్ని కోట్ల ఏళ్లుగా మనకు కాంతిని ప్రసాదిస్తున్నాడు. మరి కొన్ని కోట్ల ఏళ్ళ పాటు ప్రసాదించగలడు కూడా.

కిరణజన్య సంయోగక్రియలోను, శ్వాసలోను పాల్గొనే మూల పదార్థాలైన కార్బన్‌డయాక్సయిడ్, నీరు, ఆక్సిజన్‌లు చాలా సరళమైన పదార్థాలు. వాటిలో ఉన్నవి చాలా చిన్న అణువులే. ఆ అణువులు కొన్ని పరమాణువుల సముదాయాలు. ఒక కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ అణువులో ఒక కార్బన్ పరమాణువు, రెండు ఆక్సిజన్ పరమాణువులు ఉంటాయి. ఒక నీటి అణువులో, రెండు హైడ్రోజన్ పరమాణువులు, ఒక ఆక్సిజన్ అణువు ఉంటుంది. ఒక ఆక్సిజన్ అణువులో రెండు ఆక్సిజన్ పరమాణువులు ఉంటాయి.

అయితే ఆహారంలోను, జీవరాశుల శరీరాలకి చెందిన పదార్థాలలోను చాలా సంక్లిష్టమైన అణువులు ఉంటాయి.

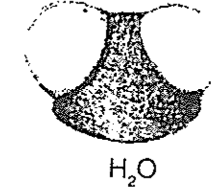
1815లో విలియం ప్రౌట్ (1785-1850)అనే బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త ఆహారపదార్థాలని మూడు వర్గాలుగా విభజించాడు. నేడు మనం ఈ మూడింటిని కార్బోహైడ్రేట్లు, కొవ్వు, ప్రోటీన్లు (మాంసకృత్తులు) అంటున్నాం. కార్బోహైడ్రేట్లలోను, కొవ్వులోను పెద్ద పెద్ద అణువులు ఉంటాయి. ఈ అణువులలో కార్బన్, హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్ పరమాణువులు ఉంటాయి. ప్రోటీన్లు ప్రత్యేకించి చాలా పెద్ద అణువులు. వాటిలో కార్బన్, హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్ పరమాణువులే కాక, నైట్రోజన్, గంధకం పరమాణువులు కూడా ఉంటాయి. అడపాదడపా ఇతర రకాల పరమాణువులు కూడా ఉంటాయి.

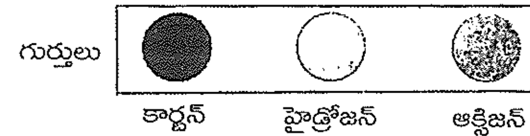
ఈ మూడు వర్గాలలోను మొక్కల్లో బాగా విరివిగా దొరికేవి కార్బోహైడ్రేట్లే. మొక్కలన్నిటిలోను సెల్యులోస్ ఉంటుంది. ఇది కలపలో ఉండే ఓ ముఖ్యమైన కార్బోహైడ్రేట్. సెల్యులోస్ ధృడంగా ఉండి మొక్కలకి ఊతగా ఉంటుంది.

మరో సర్వసామాన్యమైన కార్బోహైడ్రేట్ పిండి పదార్థం (starch). ఇది





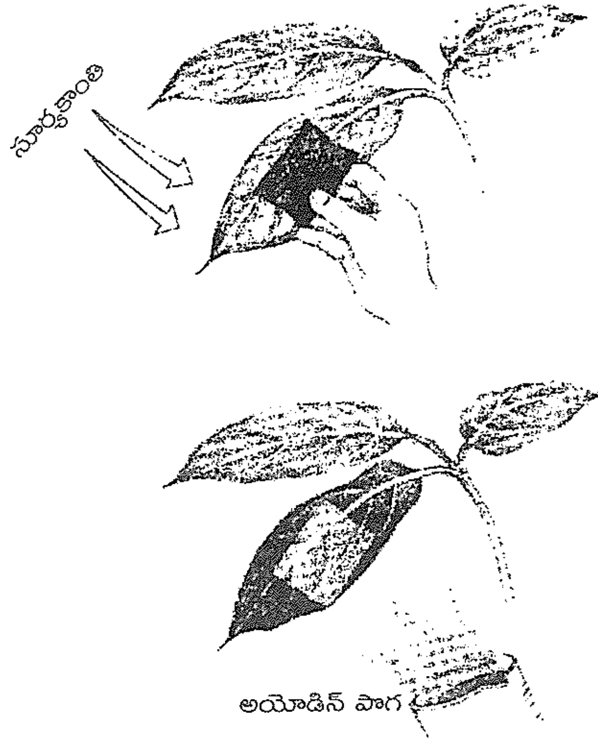




**కార్బన్ డయాక్సయిడ్, ఆక్సిజన్, నీటి అణువులు**

మెత్తగా ఉండి తేలికగా జీర్ణమవుతుంది. మొక్కల్లో ఉండే అతి ముఖ్యమైన ఆహార పదార్థం ఇదే.

మొక్కల్లో పుష్కలంగా కార్బోహైడ్రేట్ గాని ఉంటే దాంతో అవి సులభంగా కొవ్వు పదార్థం చేసుకోగలవు. ఆహారం యొక్క కేంద్రీకృత రూపమే కొవ్వు. కార్బోహైడ్రేట్ల నుండి, నీటి నుండి లేదా మట్టి నుండి గ్రహించిన ఖనిజాల (minerals) నుండి మొక్క ప్రోటీన్లను తయారు చేసుకుంటుంది.

మొక్కల్లో కార్బోహైడ్రేట్ ఎక్కువగా ఉంటుంది కాబట్టి, ఈ కార్బోహైడ్రేట్ల నుండి మొక్క కాంతిలేని పరిస్థితుల్లో కూడా కొవ్వును, ప్రోటీన్‌ను తయారు చేసుకోగలదు. కాబట్టి కిరణజన్య సంయోగక్రియ నుండి కార్బోహైడ్రేట్ పుడుతుందని ఊహించుకోవచ్చు. ఇక తక్కినవి కార్బోహైడ్రేట్ల నుండి జంతువుల్లో లాగానే మొక్కల్లో కూడా సామాన్య రసాయనిక చర్యల ద్వారానే ఉత్పన్న మవుతాయి.




## వాన్ సాక్స్ ప్రయోగం

ఈ సత్యాన్ని నిరూపించిన వాడు జూలియస్ వాన్ సాక్స్ (1832-1897) అనే జర్మన్ శాస్త్రవేత్త. మొక్కలు కూడా జంతువుల లాగానే, చీకట్లో తమలోని పదార్థాన్ని ఆక్సిజన్‌తో కలిపి కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌ను, నీటిని, రసాయనిక శక్తిని తయారు చేస్తాయని 1868లో అతడు ఆవిష్కరించాడు. పగటిపూట కిరణజన్య సంయోగక్రియవల్ల మొక్క ఆహారాన్ని తయారుచేస్తుంది, ఆక్సిజన్‌ని ఉత్పన్నం చేస్తుంది. అందుకే జంతువులకి ఊపిరి పీల్చుకోవడానికి కావలసినంత ఆక్సిజన్ ఎప్పుడూ ఉంటుంది.

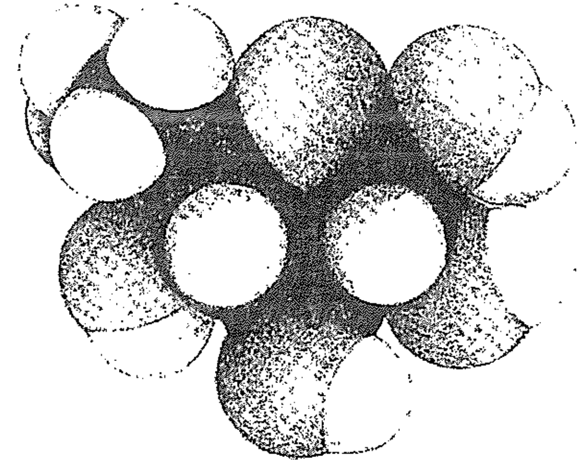
1872లో సాక్స్ ఒక మొక్కని చీకట్లో మరీ ఎక్కువసేపు ఉంచి చూశాడు. మొక్కలోని పదార్థం మొత్తం ఆక్సిజన్‌తో కలిస్తే ఏం జరుగుతుందో చూడాలని అతడి ఉద్దేశం. చీకట్లో చాలా సమయం ఉన్న మొక్క కిరణజన్యసంయోగ

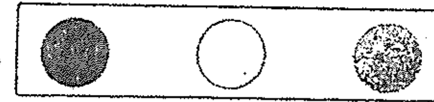


క్రియ ద్వారా మరింత ఆహారాన్ని తయారు చేసుకోవడానికి సిద్ధంగా ఉంది. అప్పుడు సాక్స్ మొక్కని ఎండలో పెట్టాడు. అయితే ఆ మొక్కల్లో కొన్ని ఆకులమీద మాత్రం వెలుగు పడకుండా నల్లని కాగితంతో కప్పాడు.

ఇక్కడ ఒక విషయం మనవి చేసుకోవాలి. పిండి పదార్థాన్ని అయొడిన్‌తో కలిపినప్పుడు ఓ నల్లని పదార్థం తయారవుతుంది. ఆకుల మీద కాసేపు ఎండ పడనిచ్చి, సాక్స్ ఆకులకి అంటించిన నల్ల కాగితాలు తీసేసి, ఆ ఆకులమీద అయొడిన్ పొగలని పోనిచ్చాడు. ఎండలో ఉన్న ఆకు భాగాలు క్షణంలో నల్లగా కమిలిపోయాయి. కిరణజన్య సంయోగక్రియ వల్ల వేగంగా తయారైన పిండి పదార్థంతో ఆ ఆకు భాగాలు నిండి ఉన్నాయి. కాగితంతో కప్పబడ్డ ఆకు భాగాలు నల్లబడలేదు. అక్కడ పిండి పదార్థం లేదన్నమాట.

కిరణజన్య సంయోగక్రియ వల్ల కార్బోహైడ్రేట్లు తయారైనా మొదట తయారయ్యింది పిండి పదార్థం కాకపోవచ్చు.






**గ్లూకోస్ అణువూలిక**

పిండి పదార్థంలోని అణువులు చాలా పెద్దవని, అవి వందలాది చిన్న అణువుల మాలికలని మామూలుగా భావిస్తారు. అంతేకాక పిండి పదార్థాన్ని ఆ మాలికలలోని విడి భాగాలుగా బద్దలు కొట్టడం కూడా తేలికే.

పిండి పదార్థం అణువులలోని విడిభాగాలే చక్కెరలు (sugars). పిండి పదార్థపు అణుమాలికలలోని ఒక ఏకైక విడిభాగమే అతి సామాన్యమైన చక్కెర జాతి – అదే గ్లూకోస్.

పిండి పదార్థంలో కన్నా పొడవైన అణుమాలికలున్న పదార్థం సెల్యులోస్. ఈ సెల్యులోస్‌లో కూడా మూల అణువు గ్లూకోసే. తేడా ఏంటంటే ఇక్కడ గ్లూకోస్ అణువుల మధ్య బంధాలు కొంచెం వేరుగా ఉంటాయి. పిండిపదార్థం లోని బంధాలని తేలికగా తెంచవచ్చు. శరీరంలో ఇలా జరిగినప్పుడే పిండి పదార్థం అరిగిపోయింది అంటాం.

సెల్యులోస్‌లో అణువుల మధ్య బంధాలు ఇంకా బలంగా ఉంటాయి. వాటిని భేదించడం ఇంకా కష్టం. కొన్ని ప్రత్యేక ఏకకణ జీవులలో మాత్రమే సెల్యులోస్ అరుగుతుంది. (అలాంటి ఏకకణ జీవులు చెదపురుగుల పేగుల్లో బతుకుతుంటాయి. అందువల్లనే చెక్క తిని చెదలు చక్కా బతుకుతాయి!)

కార్బోహైడ్రేట్లు, కొవ్వు, ప్రోటీన్లు – ఈ మూడింటి నుండి జంతువుల్లో, మనుషుల్లో రసాయనిక శక్తి ఉత్పన్నం అవుతుంది. ప్రతీ సందర్భంలోను పదార్థాన్ని విచ్ఛిన్నం చేసి గ్లూకోస్‌గా మార్చాల్సిన అవసరం ఉంటుంది.

ఆ గ్లూకోస్ రక్తప్రవాహంలోకి ప్రవేశించి వివిధ దేహాంగాలకి ప్రసారమవుతుంది. రసాయనిక శక్తికి కావలసిన ఏకైక అతి ముఖ్యమైన పదార్థం గ్లూకోస్.

కాబట్టి కిరణజన్య సంయోగక్రియలో తయారయ్యేది గ్లూకోసేనని భావించడం సబబుగా అనిపిస్తోంది. గ్లూకోస్ అణువులని కలిపి పిండి పదార్థంగాను, ఆ పిండి పదార్థాన్ని అవసరమైతే ఇంకా సెల్యులోస్ గాను మొక్క మార్చుకోగలదు. లేదా కొవ్వుగా కేంద్రీకరించుకోగలదు. దానికి ఖనిజాలు జోడించి ప్రోటీన్లు తయారు చేసుకోగలదు. గ్లూకోస్ మధ్యతరగతి పరిమాణం గల అణువు. అందులో ఆరు కార్బన్ పరమాణువులు, పన్నెండు హైడ్రోజన్ పరమాణువులు, ఆరు ఆక్సిజన్ పరమాణువులు ఉంటాయి. అయితే కిరణజన్య సంయోగక్రియలో పుట్టే మొట్టమొదటి పదార్థం ఇది కాదు. అదెలాగో చూద్దాం.



# 3. పత్రహరితం

ఇప్పుడు మరో ప్రశ్న పుడుతుంది. (ఇంకా మరెన్నో ప్రశ్నలు కూడా ఉన్నాయి. శాస్త్రవేత్తలు ఎంతగా తలలు బాదుకుంటే అంతగా కొత్త ప్రశ్నలు తలెత్తుతూ ఉంటాయి. అదే విజ్ఞాన శాస్త్రంలో మజా!)

మొక్కలో కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరుగుతుంది కాని జంతువుల్లో ఎందుకు జరగదో? జంతువుల్లో లేనిదేదో మొక్కలో ఉండి ఉండాలి.

మొక్కలకి, జంతువులకి రంగులో తేడా ఉంది కదూ? మొక్కలు సామాన్యంగా పచ్చగా ఉంటాయి. లేదా అధిక భాగం పచ్చగా ఉంటాయి. పూర్తిగా పచ్చని జంతువులు చాలా తక్కువ. (పచ్చని రెక్కలున్న పక్షులు ఉంటాయి. కాని ఆ పచ్చదనాన్నిచ్చే రసాయనాలు, ఆకుపచ్చదనంలో ఉన్న రసాయనాలు వేరు.)

మొక్కలు నిజంగా పచ్చగా ఉండాల్సిన అవసరం ఉందా? ఎన్నో విధాలుగా మొక్కల్లా కనిపించే కొన్ని జీవరాశులు ఉన్నాయి. రూపంలో, రసాయనాల కూర్పులో వాటికి మొక్కలకి మధ్య ఎన్నో పోలికలు ఉంటాయి. కాని ఈ మొక్కలు పచ్చగా ఉండవు. వాటికి ఉదాహరణ కుక్కగొడుగులు. పచ్చగా ఉండని ఈ మొక్కల్లో కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరగదు.

పచ్చని మొక్కల్లో కూడా పచ్చని భాగాలలోనే కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరుగుతుంది. ఒక చెట్టునే తీసుకుంటే దాని వేళ్ళలోను, బెరడులోను,

కొమ్మల్లోను, రెమ్మల్లోను కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరగదు. ఒక్క ఆకుల్లోనే జరుగుతుంది.

1817లో పియర్ జోసెఫ్ పెల్టియే (1788-1842), జోసెఫ్ బియనెయిమ్ కవాంతూ (1795-1877) అనే ఇద్దరు ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్తలు మొక్కల్లోని ఈ పచ్చని పదార్థాన్ని వెలికితీశారు. దానికి క్లోరోఫిల్ (పత్రహరితం) అని పేరు పెట్టారు. అది పచ్చటి ఆకు అన్న అర్థంగల గ్రీకు పదాలనుండి వచ్చింది.

అయితే ఈ పత్రహరితం అణువు చాలా సంక్లిష్టమైనది. ఇంచుమించు వంద సంవత్సరాలపాటు శాస్త్రవేత్తలకి దాని గురించి పెద్దగా అర్థం కాలేదు. జంతువుల్లో లేనిది మొక్కల్లో ఉండి కిరణజన్య సంయోగక్రియకి మూల కారకమైన పదార్థం ఇదేనని వారికి తెలుసు. అందుకే ఎంతో శ్రమించారు. కాని ఫలితం లేకపోయింది.

చివరికి 1906లో చిక్కుముడి విడసాగింది. రిచర్డ్ విల్‌స్టాటర్ (1872-1942) అనే జర్మన్ శాస్త్రవేత్త పరిశోధనల్లో కొన్ని సంగతులు తెలిశాయి. పత్రహరితాన్ని శుద్ధీకరించి, దాన్ని క్షుణ్ణంగా శోధించిన వారిలో ఇతడు ప్రథముడు.

ఇది ఏకైక పదార్థం కాదని, చాలా సారూప్యం గల అణువులు ఉన్న రెండు పదార్థాల సముదాయం అని అతడు కనుగొన్నాడు. వాటిలో ఒకదాన్ని పత్రహరితం అన్నాడు. మొక్కల్లోని పత్రహరితంలో మూడొంతులు ఇదే ఉంటుంది. ఇక నాలుగోవంతు పదార్థాన్ని పత్రహరితం బి అన్నాడు.

విల్‌స్టాటర్ ఆ తరువాత పత్రహరితంలో ఉండే వివిధ రకాల పరమాణువులని పరిశీలించాడు. కార్బన్, హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్, నైట్రోజన్ పరమాణువులు ఉన్నాయని గమనించాడు. ఇందులో పెద్ద ఆశ్చర్యం లేదు. ఎందుకంటే మొక్కల్లో ఇంచుమించు ప్రతీభాగంలోను కార్బన్, హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్‌లు ఉంటాయి. చాలాచోట్ల నైట్రోజన్ పరమాణువులు కూడా ఉంటాయి.

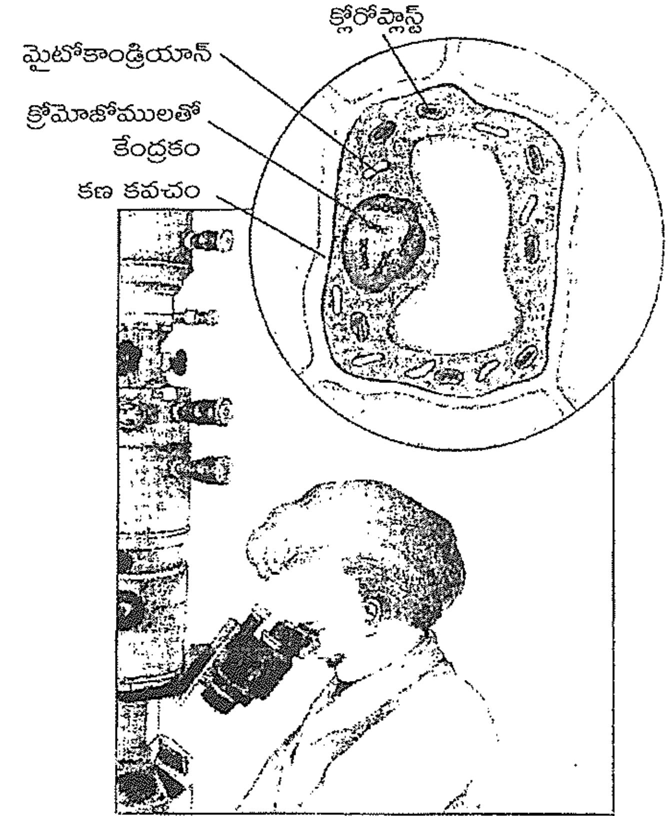
అయితే మెగ్నీషియం పరమాణువులు కూడా ఉన్నట్టు తెలిసింది. ఇది ఆశ్చర్యమే! జీవరాశుల్లోని పదార్థాల్లో మెగ్నీషియం ఉన్నట్టుగా తేలిన మొట్ట మొదటి పదార్థం పత్రహరితం.

పత్రహరితం అణువులో 55 కార్బన్ పరమాణువులు, 72 హైడ్రోజన్ పరమాణువులు, 5 ఆక్సిజన్ పరమాణువులు, 1 మెగ్నీషియం పరమాణువు



ఉన్నాయని నిరూపించాడు విల్‌స్టాటర్. పత్రహరితం బిలో కూడా ఇంచుమించు అన్నే పరమాణువులు ఉన్నాయి గానీ అందులో 71 హైడ్రోజన్, 6 ఆక్సిజన్ పరమాణువులు ఉన్నాయి.

అయితే విల్‌స్టాటర్ ఆ పరమాణువుల విన్యాసం ఎలా ఉంటుందో కచ్చితంగా తెలుసుకోలేకపోయాడు. అయితే ఆ అణువులో కొన్ని చిన్న వలయాలు ఉంటాయని, ఒక్కో వలయంలో 6 కార్బన్ పరమాణువులు, ఒక నైట్రోజన్ పరమాణువు ఉన్నాయని మాత్రం తెలుసుకున్నాడు. అలాంటి వలయాన్ని పైరోల్ వలయం అంటారు. తన కృషికి 1915లో రసాయనిక శాస్త్రంలో నోబెల్ బహుమతిని అందుకున్నాడు విల్‌స్టాటర్.




**ఎలక్ట్రాన్ మైక్రోస్కోపు కింద మొక్క కణం**

విల్‌స్టాటర్ కృషిని హన్స్ ఫిషర్ (1881–1945) అనే జర్మన్ శాస్త్రవేత్త కొనసాగించాడు. నాలుగు పైరోల్ వలయాలని ఇంకా పెద్ద పార్ఫిరన్ వలయంలో అమర్చవచ్చుని నిరూపించాడు. పార్ఫిరిన్ వలయం నడిమధ్యలో ఓ ఇనుము పరమాణువుని ఉంచి, వలయపుటంచులకి మరి కొన్ని పరమాణు మాలికలను తగిలిస్తే హీమ్ అనే ఓ పదార్థం యొక్క విన్యాసం వస్తుందని సూచించాడు. నెత్తుటికి ఎర్రదనాన్ని ఆపాదించే పదార్థమే ఈ హీమ్. ఈ ఆవిష్కారాన్ని అతడు 1930లో చేశాడు. అదే సంవత్సరం అతడికి రసాయనిక శాస్త్రంలో నోబెల్ బహుమతి వచ్చింది.

తరువాత పత్రహరితానికి, హీమ్‌కి మధ్య పోలికలు ఉన్నాయని తెలిసింది. క్లోరోఫిల్‌లోని పార్ఫిరిన్ వలయ కేంద్రంలో ఇనుము బదులు మెగ్నీషియం ఉంది. అంతేకాక పత్రహరితంలో వలయం అంచుకు తగిలించి ఉన్న పరమాణువులకి, హీమ్‌లో అదే చోట ఉండే పరమాణువులకి మధ్య తేడా ఉంది. క్లోరోఫిల్‌లో ఉండేవి మరింత సంక్లిష్టమైనవి. ఈ వివరాలన్నీ విపులంగా తేల్చి చూపించాడు ఫిషర్.

1960లో రాబర్ట్ బర్న్స్ వుడ్వర్డ్ (1917–1979) అనే అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త కృషివల్ల చిట్టచివరి నిదర్శనం దొరికింది. ఫిషర్ ఊహించిన విధంగా ఆయా పరమాణువులని, ఆయా విన్యాసంలో కృత్రిమంగా కూర్చాడు వుడ్వర్డ్. అలా కూర్చగా తయారైన పదార్థం అచ్చం పచ్చని మొక్కల నుండి వచ్చిన క్లోరోఫిల్ లాగానే కనిపించింది, పనిచేసింది కూడా.

అంటే ఫిషర్ ఊహించిన అణు విన్యాసం అక్షరాలా నిజం అన్నమాట. ఈ కృషికి 1965లో వుడ్వర్డ్‌కి రసాయనిక శాస్త్రంలో నోబెల్ బహుమతి ఇచ్చారు.

పచ్చని మొక్కల నుండీ క్లోరోఫిల్‌ని వెలికి తీయగలిగారు కాబట్టి ఇక శాస్త్రవేత్తలు ఆ పదార్థాన్ని ఉపయోగించి కృత్రిమంగా కిరణజన్య సంయోగ క్రియని సాధించగలరని అనుకుంటున్నారేమో! ఉదాహరణకి క్లోరోఫిల్‌ని నీట్లో కలిపి అందులో కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ వాయు బుడగలని ప్రవేశపెట్టారని అనుకుందాం. క్లోరోఫిల్ సమక్షంలో కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ నీటితో కలిసినప్పుడు, గ్లూకోస్, పిండిపదార్థం తయారవ్వాలిగా?



న్యాయంగా అయితే తయారవ్వాలేమో గాని అవ్వదు. మొక్కలో ఉండగా క్లోరోఫిల్ చక్కగా పనిచేస్తుంది కాని మొక్కలోంచి వెలికి తీస్తే కిక్కురు మనదు! ఎందుకలా? ఎందుకంటే మొక్కలో సంక్లిష్టమైన జీవరసాయన వ్యవస్థలో క్లోరోఫిల్ ఓ భాగం మాత్రమే. ఈ ఫలితాలన్నీ సాధించేది ఆ వ్యవస్థే. ఒంటరి క్లోరోఫిల్ కాదు.

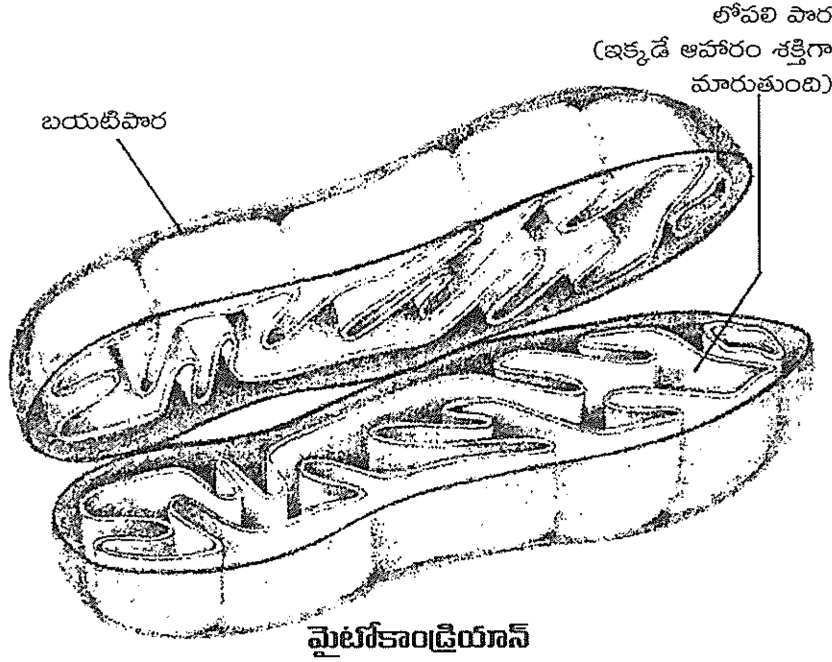
మొక్కలే కాక జంతువులు కూడా పూర్తిగా కణాలతో నిర్మించబడి ఉంటాయి. ఈ కణాల సగటు పరిమాణం 1/750 అంగుళం ఉంటుంది. కొన్ని అతి సూక్ష్మమైన జంతువులలోను, మొక్కల్లోను కూడా ఒకే కణం ఉంటుంది. వీటిని సూక్ష్మదర్శిని (మైక్రోస్కోప్)లో మాత్రమే చూడగలం. పెద్ద పెద్ద మొక్కల్లోను, జంతువుల్లోను కూడా ఇంత చిన్న కణాలే గాని అలాంటివి కోకొల్లలు ఉంటాయి. మనిషిలో 50 ట్రిలియన్ (50,000,000,000,000) కణాలు ఉంటాయి.

కణం ఎంత చిన్నదైనా అది అంతరంగ విన్యాసం లేని జీవపదార్థపు ముద్ద కాదు. కణంలో కణాంగాలు (organelles) అని ఇంకా చిన్న అంతర్విభాగాలు ఉంటాయి. ఉదాహరణకి ఒక్కొక్క కణంలో కేంద్రకం (న్యూక్లియస్) ఉంటుంది. అందులో క్రోమోజోమ్లు అనే చిన్న చిన్న అంశాలు ఉంటాయి. కణం రెండుగా విడిపోయే ప్రక్రియని ఈ క్రోమోజోమ్లు నిర్దేశిస్తాయి. అలా విభజించబడ్డ కణం నుండి ఏఏ లక్షణాలు దాని నుండి పుట్టిన శిశు కణాలకి సంక్రమిస్తాయో, అదే విధంగా తల్లిదండ్రుల నుండి బిడ్డలకి ఏఏ లక్షణాలు వారసత్వంగా వస్తాయో కూడా ఈ క్రోమోజోమ్లే నిర్దేశిస్తాయి.

1898లో కార్ల్ బెండా అనే జర్మన్ శాస్త్రవేత్త కణంలో కేంద్రకం బయట మైటోకాండ్రియా అనే చిన్న చిన్న వస్తువులు ఉన్నాయని కనుక్కున్నాడు. (దీనికి ఏకవచనాన్ని మైటోకాండ్రియాన్ అంటారు.)

శ్వాసకి కారణం ఈ మైట్రోకాండ్రియాలేనని క్రమేపీ అర్థం అయ్యింది. ఆక్సిజన్‌ని, గ్లూకోస్‌ని కలిపి రసాయనిక శక్తిగా మార్చగలిగే ప్రతీకణంలోను మైటోకాండ్రియా ఉంటాయి. ఆ కలయిక మైటోకాండ్రియాలోనే జరుగుతుంది.

ఓ సగటు మైటోకాండ్రియాన్ అతి సూక్ష్మమైన అమెరికన్ ఫుట్‌బాల్‌లా ఉంటుంది. దాని పొడవు 1/1000 అంగుళాలు, వెడల్పు 1/25,000




**మైటోకాండ్రియాన్**

అంగుళాలు ఉంటుంది. ఒక కణంలో వందల నుండి వేలవరకు ఈ వస్తువులు ఉంటాయి. 1930లలో శాస్త్రవేత్తలు ఎలక్ట్రాన్ మైక్రోస్కోప్‌ని కనుక్కున్నారు. మామూలు సూక్ష్మదర్శినిలో కనిపించని అతి చిన్న వస్తువులు కూడా ఈ ఎలక్ట్రాన్ మైక్రోస్కోప్‌లో కనిపిస్తాయి. మైటోకాండ్రియాలో కూడా సంక్లిష్టమైన అంతరంగ విన్యాసం ఉందని అప్పుడు తెలిసింది. అందులో ఎంజైమ్లు అనే ప్రత్యేకమైన ప్రోటీన్లు తీరుగా అమర్చి ఉన్నాయి. ఒక్కో ఎంజైమ్ ఒక ప్రత్యేకమైన రసాయనిక చర్య ముందుకి సాగడానికి దోహదం చేస్తుంది. అవన్నీ కలిసి పనిచేస్తూ వరసక్రమంలో ఎన్నోచర్యలు క్రమబద్ధంగా జరిగేట్టు చూస్తాయి. ఆ చర్యలకి పరాకాష్టగా గ్లూకోస్, ఆక్సిజన్ల కలయిక చేత రసాయనిక శక్తి పుడుతుంది.

మరి వృక్ష కణంలోను, జంతు కణంలోను కూడా శ్వాసకి కారణభూతంగా ఉండే కణాంగాలు, అంటే మైటోకాండ్రియా ఉన్నప్పుడు, కేవలం మొక్కల్లో మాత్రమే కిరణజన్య సంయోగక్రియకి ఆధారభూతంగా ఉండే కణాంగాలు ఏమైనా ఉన్నాయా?



తప్పకుండా ఉన్నాయి! కిరణజన్య సంయోగక్రియ నుండి పిండిపదార్థం పుడుతుంది అని కనుక్కున్న జూలియస్ వాన్‌సాక్స్, 1883లో ఒక ముఖ్యమైన విషయాన్ని కనుక్కున్నాడు. వృక్షకణంలో పత్రహరిత కణం అంతా వ్యాపించి ఉండదు. కణంలో ఉండే కొన్ని ప్రత్యేక కణాంగాలలో మాత్రమే ఉంటుంది. ఆ కణాంగాలనే క్లోరోప్లాస్ట్‌లు అంటారు.

ఈ క్లోరోప్లాస్ట్ మైటోకాండ్రియాన్ కన్నా 2,3 రెట్లు పెద్దదిగా ఉంటుంది. దీని అంతరంగ విన్యాసం మైటోకాండ్రియాన్ కన్నా చాలా సంక్లిష్టంగా ఉంటుంది. ఎలక్ట్రాన్ మైక్రోస్కోప్‌లో చూస్తే ఈ క్లోరోప్లాస్ట్‌లో కూడా చిన్న చిన్న విభాగాలు ఉంటాయని, ఒక్కో విభాగంలోను 250–300 క్లోరోఫిల్‌లు ఉంటాయని తెలిసింది. వివిధ చర్యలకి ప్రోద్బలాన్నిచ్చే ఎన్నో ఎంజైమ్లు కూడా ఉన్నాయి.

అందుకనే ఒక్క ఒంటరి క్లోరోఫిల్ అణువు ద్వారా కిరణజన్య సంయోగ క్రియ సాధ్యపడదు. అది వ్యవస్థలో ఒక భాగంగా పనిచెయ్యాలి. ఎంజైమ్ల అవసరం కూడా ఎంతో ఉంది.

కణాన్ని విచ్ఛిన్నం చేసి అందులో చెక్కుచెదరకుండా ఉండే మైటో కాండ్రియాని సునాయాసంగా వెలికితీయవచ్చు. కాని క్లోరోప్లాస్ట్‌లు ఇంకా పెద్దవి, సంక్లిష్టమైనవి కాబట్టి పెళుసుగా ఉంటాయి. అందుకే వృక్షకణం విచ్ఛిన్నం అయితే క్లోరోప్లాస్ట్‌లు కూడా పగిలిపోతాయి. పగిలిన ముక్కల వల్ల కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరగదు.

1954లో డేనియల్ ఐ.ఆర్నన్ (1910-1994) అనే పోలిష్ అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త వృక్షకణాన్ని ఎంతో సున్నితంగా పగలగొట్టి అందులోంచి చెక్కుచెదరని క్లోరోప్లాస్ట్‌ని బయటికి తీయగలిగాడు. ఈ క్లోరోప్లాస్ట్‌లు కిరణజన్య సంయోగ క్రియ చెయ్యగలుగుతాయి.

# 4. మధ్యంతర పదార్థాలు

అసలు మైటోకాండ్రియా, క్లోరోప్లాస్టులు అంత సంక్లిష్టంగా ఎందుకుండాలి? మైటోకాండ్రియా ఊరికే అలా గ్లూకోస్‌ని, ఆక్సిజన్‌ని కలిపి కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌ని, నీటిని ఎందుకు తయారు చెయ్యలేదు? అదేవిధంగా క్లోరోప్లాస్టులు కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌ని, నీటిని కలిపి ఆక్సిజన్‌ని, గ్లూకోస్‌ని ఎందుకు తయారుచెయ్యలేవు? పని అంత తేలికగా జరిగిపోతే జీవితం హాయిగా ఉండేది కదా?

ఇక్కడ ఒక విషయం గుర్తుంచుకోవాలి. గ్లూకోస్‌ని ఒక్కసారిగా ఆక్సిజన్‌తో కలిపితే ఒక్క ఉదుటన అత్యధిక శక్తి ఉత్పన్నం అవుతుంది. అంత శక్తిని కణాలు తట్టుకోలేవు. అదేవిధంగా కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌ని, నీటిని కూడా ఒకేసారి కలిపితే ఒక్కసారిగా చాలా శక్తి అవసరమవుతుంది. అంతశక్తిని కణాలు సరఫరా చెయ్యలేవు.

అలా కాకుండా రెండు సందర్భాలలోనూ చర్య అంచెలంచెలుగా జరుగుతుంది. ఒక చిన్న చర్య, అది జరిగాక మరో చిన్న చర్య, ఇలా చిన్న చిన్న అడుగులలో చర్య జరుగుతుంది. శక్తి కూడా కొద్ది కొద్దిగా ఉత్పన్నం అవుతుంటుంది, లేదా కొద్ది కొద్దిగా వ్యయం అవుతుంటుంది. చర్య ఏ దిశలో జరిగినా చిన్న చిన్న అడుగులలో జరుగుతుంటుంది కాబట్టి కణాలు తట్టుకోగలుగుతాయి.



అంటే ఈ చిట్టి చిట్టి చర్యలన్నిటినీ కుదురుగా నియంత్రించాలన్నమాట. ఏ చర్య అయినా కూడా మరీ వేగంగా సాగకూడదు, అలాగని మరీ మందంగా కూడా నడవకూడదు. అయితే ప్రతీ చర్యని దానికి సంబంధించిన ఎంజైమ్ నియంత్రిస్తూ ఉండాలి. అలా జరగాలంటే మైటోకాండ్రియా, క్లోరోప్లాస్ట్‌ల అంతరంగ విన్యాసం తీరుగా నిర్వహింపబడాలి.

ఈ చిన్న చిన్న చర్యలు వరసక్రమంలో జరిగినప్పుడు గ్లూకోస్ ఒక కొసలో, కార్బన్‌డయాక్సయిడ్, నీరు మరో కొసలో ఉండగా మార్గమధ్యంలో ఎన్నో మధ్యంతర అణువులు తయారవుతాయి. ఈ అణువులనే మధ్యంతర పదార్థాలు అంటారు. ఇవి చిన్న చిన్న మోతాదుల్లోనే ఉత్పన్నం అవుతాయి. అవి ఒక మెట్టులో ఉత్పన్నమై, తదుపరి మెట్టులో ఇంచుమించు పూర్తిగా హరించ బడతాయి.

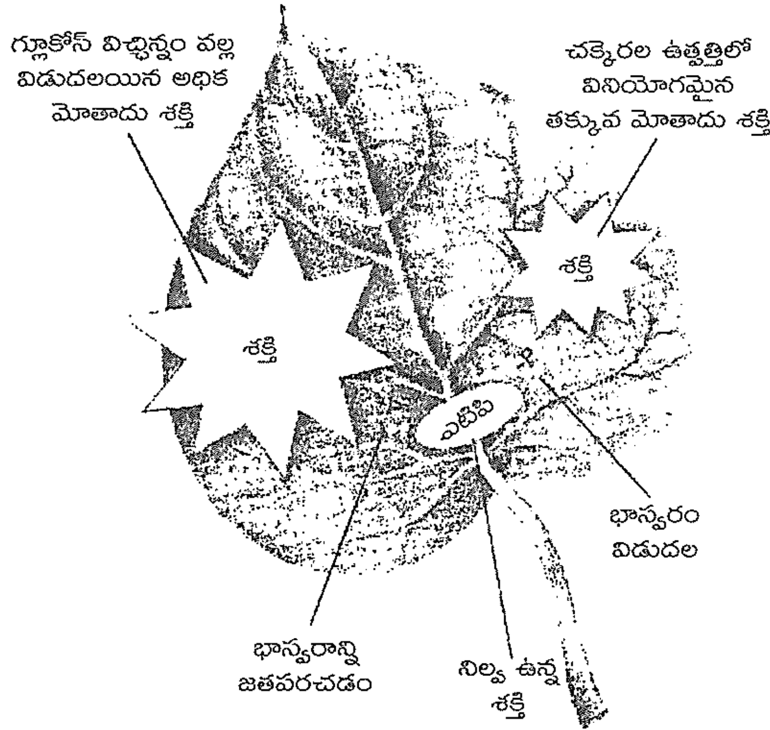
1905లో ఆర్థర్ హార్డెన్ (1865–1940) అనే బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త కణాలలో గ్లూకోస్ ఆల్కహాల్‌గాను, కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ గాను ఎలా విచ్ఛిన్నం అవుతుందో పరిశోధించసాగాడు. ఈ చర్యలో ఆక్సిజన్ ప్రమేయం లేదు. ఇది శ్వాస కన్నా సరళమైన చర్య. కాని శ్వాసకి చాలా సన్నిహితమైన చర్య. ఇది చిన్న చిన్న అడుగులలో జరుగుతుంది.

కణాలు తేలుతున్న జలంలోంచి కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ బుడగలు బుడబుడమని పైకి రావడమే గ్లూకోస్ విచ్ఛిన్నం అవుతోంది అన్నదానికి నిదర్శనం. కాసేపయ్యాక ఆ బుడబుడ శబ్దం ఆగిపోతుంది. కణాలు ఇంకా సజీవంగానే ఉన్నాయి. బోలెడంత గ్లూకోస్ కూడా మిగిలి ఉంది. మరి బుడగలు ఎందుకు ఆగిపోయాయి?

గ్లూకోస్ విచ్ఛిన్నం కావడానికి అవసరమైనదేదో హరించుకు పోయుంటుందని ఊహించాడు హార్డెన్. ఆ మిశ్రమానికి వివిధ పదార్థాలు కలుపుతూ ఏం జరుగుతోందో పరిశీలిస్తూ వచ్చాడు. అలా ప్రయత్నిస్తూ పోతుండగా ఫాస్ఫేట్ అనే ఓ పదార్థాన్ని కలిపినప్పుడు బుడగులు మళ్లీ ప్రారంభం కావడం చూసి ఆశ్చర్యపోయాడు. ఫాస్ఫేట్‌లలో భాస్వరం అనే మూలకానికి చెందిన పరమాణువులు ఉంటాయి. అంతవరకు భాస్వరానికి, గ్లూకోస్ విచ్ఛిన్నం కావడానికి మధ్య సంబంధం ఉందని ఎవరూ అనుకోలేదు.

గ్లూకోస్ మిశ్రమంలో భాస్వరం పరమాణువులు గల పదార్థం ఏదైనా ఉందేమో పరిశీలించాడు హార్డెన్. ఆ చర్యలో గ్లూకోస్ దానికి చాలా దగ్గర సంబంధం గల ఫ్రక్టోస్ అనే మరో చక్కెరగా మారిందని కనుక్కున్నాడు హార్డెన్. ఫ్రక్టోస్ అణువులకి రెండు ఫాస్ఫేట్ బృందాలు జతచెయ్యబడ్డాయి. అలా తయారైన సంయోగాన్నే ఫ్రక్టోస్ డైఫాస్ఫేట్ అంటారు. గ్లూకోస్ విచ్ఛిన్నం అయినప్పుడు పుట్టే మొట్టమొదటి మధ్యంతర పదార్థం ఇదే.

ఆ ఆవిష్కరణ చేసినందుకుగాను 1929లో హార్డెన్‌కి రసాయనికశాస్త్రంలో నోబెల్ బహుమతి వచ్చింది.




తదనంతరం ఎన్నో ముఖ్యమైన మధ్యంతర పదార్థాలు కనుక్కున్నారు. మెల్లమెల్లగా గ్లూకోస్, ఆక్సిజన్‌లతో మొదలుపెట్టి కార్బన్‌డయాక్సయిడ్, నీరు దాకా సాగే బారైన మెట్ల వరసలో ఒక్కో మెట్టునే పరిశోధించి విశదపరుస్తూ వచ్చారు. ఎన్నో మధ్యంతర పదార్థాలకి ఫాస్ఫేట్ బృందాలు తగిలించి ఉండడం గమనించారు. ఒక అణువు నుండీ మరో అణువుకి వీలుగా చిన్న చిన్న మోతాదుల్లో శక్తిని చేరవేయడానికి ఈ ఫాస్ఫేట్ బృందాలు చాలా ఉపయోగ కరంగా ఉన్నాయని తెలుసుకున్నారు.



ఫాస్ఫేట్ మధ్యంతర పదార్థాలు లేకుండా గ్లూకోస్‌ని విచ్ఛిన్నం చేయడం వెయ్యి రూపాయల నోటు దొరకడం లాంటిది. అది పెద్ద మొత్తమే కాని ఎన్నో దైనిక సందర్భాలలో ఉపయోగపడకపోవచ్చు. దాంతో ఒక చాక్లెట్టు కొనుక్కోవాలన్నా, సిటీ బస్సు ఎక్కాలన్నా, కిరాణా కొట్లో పచార్లు కొనుక్కోవాలన్నా అవతలి వారి వద్ద చిల్లర వుండే ఆస్కారం తక్కువ కాబట్టి పని జరగదు.

అలా కాకుండా ఆ వెయ్యి రూపాయల నోటుని బ్యాంకుకి వెళ్ళి వందలు, యాభైలు, పదులు, ఐదులు ఇలా చిల్లరగా మార్చుకుని వస్తే దాంతో ఎన్నో చేసుకోవచ్చు. అలాంటి చిల్లర ఉంటే ఎన్నో చోట్ల పని జరుగుతుంది.

మధ్యంతర పదార్థాల మూలంగా కణాలకి చిన్న చిన్న మోతాదుల్లో శక్తి అందుతుంది. ఆ శక్తిని శరీరం తేలికగా వాడుకోగలదు. వీటిలో అడెనోసిన్ ట్రైఫాస్ఫేట్ (ఏటీపీ) అనే ఫాస్ఫేట్ చాలా ఉపయోగకరమైనది. శరీరంలో శక్తి అవసరమైన ప్రతీ సందర్భంలోను ఇంచు మించు ఈ ఏటిపీయే వాడబడుతోంది.

కిరణజన్య సంయోగక్రియలోని మెట్ల కన్నా శ్వాసలోని మెట్లని విశదీకరించడం సులభమయ్యింది. శ్వాస అంచెలంచెలుగా సాగేట్టు చెయ్యడం తేలిక. కాబట్టి దాన్ని విపులంగా, వివరంగా, చిన్న చిన్న మెట్లలో పరిశోధించవచ్చు. తరువాత పెద్ద సమస్యలోని చిరు సమస్యలన్నిటినీ కలిపి ఒకసారి చూడొచ్చు. అలా కాకుండా కిరణజన్య సంయోగక్రియ చాలా సంక్లిష్టమైనది. అది చెక్కుచెదరని క్లోరోప్లాస్టు ఉన్నప్పుడే జరుగుతుంది. కాబట్టి అందులోని మెట్లని విశదీకరించడం కష్టం.

మరో చిక్కు ఏమిటంటే శాస్త్రవేత్తలు ఈ అంశంలో తప్పుడు దారిలో పడ్డారు.

కొంతవరకు వాదన సబబుగానే సాగింది. ఆక్సిజన్‌ని ఉచ్ఛ్వసించి, కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌ని నిశ్వసించినప్పుడు ఆ ఆక్సిజన్ శరీరంలోని కార్బన్‌తో

కలిసి కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌గా మారాల్సిందే. అందులో సందేహంలేదు. అలాగే ఆ ఆక్సిజన్ శరీరంలోని హైడ్రోజన్‌తో కలిసి నీరుగా మారుతుంది. ఇదీ నిజమే. కాని శాస్త్రవేత్తలు ఎందుకో నీటికి ఎక్కువ ప్రాధాన్యత ఇవ్వలేదు. జీవరాశుల బరువులో ఇంచుమించు 2/3వంతు నీరే ఉంటుంది. శ్వాసలో నీరు (ఆవిరి) కాస్త అటు ఇటుగా ఉన్నా తేడా ఏముందిలే అనుకున్నారు.

అందుకే అందరూ కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌కే ప్రాధాన్యత ఇస్తూ వచ్చారు. శ్వాసలో ఆక్సిజన్, కార్బన్‌లు కలిసి కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ తయారవుతోంది కాబట్టి, కిరణజన్య సంయోగక్రియలో ఇందుకు వ్యతిరేకంగా చర్య జరగాలి. కిరణజన్య సంయోగక్రియలో కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ ఒక కార్బన్ పరమాణువుగాను, రెండు ఆక్సిజన్ పరమాణువులు గాను విడిపోవాలి. రెండు ఆక్సిజన్ పరమాణువులు కలిసి ఒక ఆక్సిజన్ అణువుగా మారాలి. ఆ ఆక్సిజన్ అణువులు గాల్లోకి వెలువడాలి. ఆరు కార్బన్ అణువులు నీటితో కలిసి గ్లూకోస్ తయారవ్వాలి.

1937దాకా కూడా శాస్త్రవేత్తలంతా ఇంచుమించు ఇలాగే భావిస్తూ వచ్చారు.

కాని ఆ ఏడాది బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త రాబర్ట్ హిల్ చెట్ల ఆకుల నుండి పత్రహరితాలని వెలికితీశాడు. కాని ఆ ప్రయత్నంలో పత్రహరితాలు చితికిపోయి కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరగలేదు.

పత్రహరితాలలో ఏదో లోపించి ఉంటుంది కాబట్టి ఆ లోపాన్ని భర్తీ చెయ్యడానికి రకరకాల పదార్థాలు కలుపుతూ వచ్చాడు. ఇనుము ఉన్న కొన్ని ప్రత్యేక అణువులు శ్వాసలో చాలా ముఖ్యమైన పాత్ర వహిస్తాయి. కాబట్టి కిరణజన్యసంయోగ క్రియలో కూడా అవి ముఖ్యం అని అనుకున్నాడు హిల్. అందుకని ఇనుము గల చిన్న చిన్న అణువులని తన పత్రహరిత మిశ్రమానికి కలిపి చూశాడు.

అలా చెయ్యగానే పత్రహరితాలు అచ్చం కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరుగుతున్నట్టుగానే ఆక్సిజన్ తయారు చెయ్యడం మొదలెట్టాయి. అలా పుట్టిన ఆక్సిజన్ విచ్ఛిన్నం అయిన కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ అణువుల నుండి వచ్చి



ఉన్నట్లయితే ఆ మిగిలిన కార్బన్ నీటితో కలిసి గ్లూకోస్ గాను, ఆ తరువాత పిండి పదార్థంగాను మారి ఉండాలి. కాని అలాంటిదేం జరగలేదు. గ్లూకోస్ గాని, పిండిపదార్థం గాని పుట్టలేదు. ఒక్క ఆక్సిజన్ మాత్రమే పుట్టింది.

అంటే ఆ ఆక్సిజన్ కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ యొక్క విచ్ఛిన్నం మూలంగా కాక నీటి అణువుల విచ్ఛిన్నం కారణంగా పుట్టిందని అర్థం చేసుకోవాలి. మరి నీటి అణువులు విచ్ఛిన్నం అయినట్లయితే, ఇంకేమీ జరక్కపోతే, గ్లూకోస్, పిండి పదార్థం తయారు కావడానికి ఇక కార్బన్ పరమాణువులే ఉండవు.

అసలు ఏ అణువుల నుండి ఆక్సిజన్ వస్తోందో కనుక్కోవడం ఎలా? ఎక్కణ్ణుంచి వచ్చినా ఆక్సిజన్ ఆక్సిజనే. అది ఏ అణువు నుండి వచ్చిందో దాని ముఖం చూసి చెప్పగలమా?!!

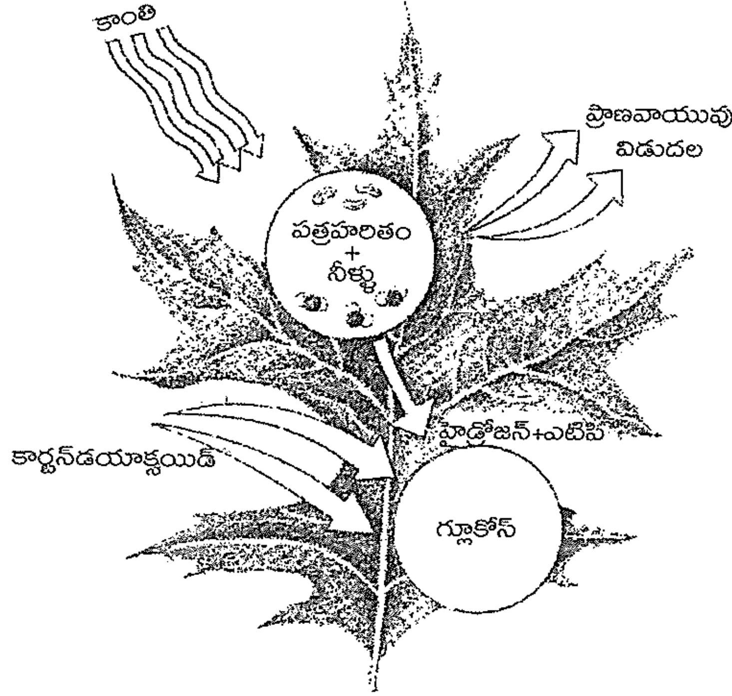
ముఖం చూసి చెప్పలేకపోయినా ఇంచుమించు అలాంటిది చెయ్యడానికే ఓ పన్నాగం ఉంది. ఒక మూలకం యొక్క పరమాణువులు అన్నీ ఒకే తీరులో ఉండవని 1912 నాటికే తెలిసిపోయింది. రసాయనికంగా ఒకే విధంగా ప్రవర్తించినా వాటి భారాల్లో తేడాలు ఉంటాయి. ఉదాహరణకి 1929లో విలియం ఫ్రాన్సిస్ జీయోక్ (1895–1982) అనే అమెరికాన్ శాస్త్రవేత్త అధిక శాతం ఆక్సిజన్ పరమాణువులు ఒకే జాతికి చెందినవని కనుక్కున్నాడు. అదే ఆక్సిజన్–16 అనే జాతి. కాని మరి కాస్త బరువైన ఆక్సిజన్ పరమాణువులు కూడా ఉన్నాయి. అవే ఆక్సిజన్–18.

కాలక్రమేణా ఈ రెండు ఆక్సిజన్ జాతులని ఎలా వేరుచెయ్యాలో తెలుసుకున్నారు శాస్త్రవేత్తలు. బోలెడంత ఆక్సిజన్–18 అణువులు కలిసిన నీటిని తయారు చెయ్యడం నేర్చుకున్నారు.

1941లో మార్టిన్ డేవిడ్ కామెన్ (1913-2002) అనే ఓ కెనేడియన్–అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరుపుతున్న మొక్కలకి హెచ్చుస్థాయిలో ఆక్సిజన్–18 కలిసిన నీరు పోశాడు. ఈ మొక్కలకి అధికశాతం ఆక్సిజన్–16 గల, ఆక్సిజన్–18 ఇంచుమించుగా లేని మామూలు కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌తో సంపర్కింపచేశాడు.

ఆ తరువాత అలాంటి మొక్కల నుండి పుట్టిన ఆక్సిజన్‌ని కామెన్

పరిశీలించాడు. ఆ ఆక్సిజన్ అంతా ఆక్సిజన్-16 మాత్రమే అయ్యుంటే అది కార్బన్‌డయాక్సయిడ్ నుండే వచ్చి ఉండాలి. అలా కాకుండా హెచ్చు మోతాదులో ఆక్సిజన్-18 ఉన్నట్లయితే అది నీటి నుండే వచ్చి ఉండాలి.




**కిరణజన్య సంయోగక్రియ**

అలా పుట్టిన ఆక్సిజన్‌లో ఎక్కువగా ఆక్సిజన్-18 ఉన్నట్టు తేలింది. అంటే అది నీటి నుండి వచ్చింది అన్నమాట.

దాంతో విషయం తేటతెల్లంగా తేలిపోయింది. కిరణజన్య సంయోగ క్రియలో ఏం జరుగుతోందంటే కాంతి శక్తిని మొక్క వాడుకుని నీటిని హైడ్రోజన్, ఆక్సిజన్ పరమాణువులుగా బద్దలు కొడుతోంది. అప్పుడు, పత్రహరితం చెక్కుచెదరకుండా ఉంటే, అందులో ఉండాల్సిన ఎంజైమ్‌లు అన్నీ ఉంటే, హైడ్రోజన్, కార్బన్ డయాక్సయిడ్‌లతో కలిసి గ్లూకోస్, పిండిపదార్థం తయారవుతుంది. మిగిలిన ఆక్సిజన్ గాల్లో కలిసిపోతుంది.



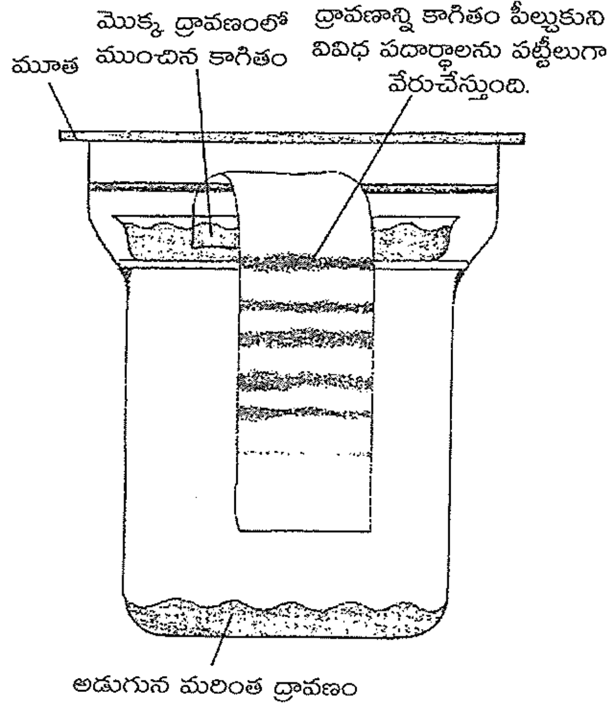
నీటి అణువు విచ్ఛిన్నం అయిన తరువాత ఏం జరుగుతోందో శాస్త్రవేత్తలకి ఇంకా బాగా అర్థంకాలేదు. ఫాస్ఫేట్లు ఉన్న అణువుల పాత్ర ఉందని వాళ్లకి నిశ్చయంగా తెలుసు. కాని ఇంతకీ ఆ అణువులు ఏమిటో తెలుసుకోవడం ఎలా?

ఆక్సిజన్-18తో చిక్కు ఏంటంటే దాన్ని వేరు చేసి గుర్తుపట్టడానికి చాలా సమయం పడుతుంది. మరి కిరణజన్య సంయోగక్రియలో పుట్టే మధ్యంతర పదార్థాలు ఇట్టే తయారై, ఇట్టే మాయం అయిపోతాయి. అంతే కాక తగినంత ఆక్సిజన్-18ని వెలికితీయాలంటే మధ్యంతర పదార్థాలు చాలా హెచ్చు మోతాదుల్లో ఉండాలి. కాని మధ్యంతర పదార్థాలు అతి సూక్ష్మమైన మోతాదుల్లోనే ఉత్పన్నం అవుతాయి. అంటే అతి సూక్ష్మమైన మోతాదుల్లో దొరికే పదార్థాన్ని వేగంగా గుర్తుపట్టగలిగే పద్ధతులు మనకిప్పుడు కావాలి.

1934లో ఫ్రెడరిక్ జోల్యో క్యూరీ (1900–1958), అతని భార్య ఐరీన్ (1897–1956) దంపతులు కలిసి రేడియోధార్మిక లక్షణం గల పరమాణువులని తయారుచెయ్యడం ఎలాగో కనుక్కున్నారు. ఇలాంటి పరమాణువులు బద్దలై ఇతర పరమాణువులని, కిరణాలని వెలువరిస్తాయి. ఈ కిరణాలని గుర్తుపట్టడం చాలా తేలిక. అందుకే రేడియోధార్మిక పరమాణువులని అతి సూక్ష్మమైన మోతాదుల్లో కూడా గుర్తించడం తేలిక. ఈ కృషికి గుర్తింపుగా 1935లో జోల్యో క్యూరీ దంపతులకి రసాయనిక శాస్త్ర నోబెల్ పురస్కారం లభించింది.

ఆక్సిజన్, హైడ్రోజన్ పరమాణువులకి కూడా రేడియోధార్మిక రూపాంతరాలు ఉన్నాయి. కాని అవి నిముషాలలో విచ్ఛిన్నమై మాయం అయిపోతాయి. కాబట్టి వాటిని వాడుకుని చేసే ఏ ప్రయోగాన్నయినా తొందరగా చేసి పూర్తి చేసేయాలి. అలాగే కార్బన్‌కి కూడా కార్బన్-11 అనే రేడియోధార్మిక రూపాంతరం ఉంది. అది కూడా తొందరగా విచ్ఛిన్నం అయిపోతుంది. కాబట్టి దీన్ని కూడా వాడడం కష్టం.

కాని కిరణజన్య సంయోగక్రియలో నీటి అణువుని కాంతి శక్తి ఛేదిస్తుందని కనుక్కున్న కామెన్ 1939లో మరో గొప్ప ఆవిష్కరణ చేశాడు. కార్బన్‌కి కార్బన్-14 అనే మరో రేడియో ధార్మిక రూపాంతరాన్ని కనుక్కున్నాడు. ఇది




**కాగితపు క్రొమటొగ్రఫి**

ఎంతో మెల్లగా విచ్ఛిన్నం అవుతుంది, ఆ కార్యక్రమం కొన్ని వేల ఏళ్లపాటు సాగుతుంది.

జీవరాశుల్లో అత్యంత ప్రధానమైన అణువులు కార్బన్ అణువులే. మరిప్పుడు కార్బన్-14ని ఉపయోగించి కిరణజన్య సంయోగక్రియలో మధ్యంతర రాశుల ఉత్పత్తి, నాశనాలని పరిశీలించడానికి వీలయ్యింది.

ఇది చెయ్యాలంటే శాస్త్రవేత్తలు మొక్కలని వెలుగుతోను, కార్బన్-14 పరమాణువులు ఉన్న గాలితోను సంపర్కంలో పెట్టాలి. అప్పుడు ఆ మొక్కలని నుజ్జు చేసి అందులో ఏఏ అణువులలో కార్బన్-14 పరమాణువులు ఉన్నాయో పరిశీలించాలి. ఆ అణువులు కిరణజన్య సంయోగక్రియ ద్వారా ఉత్పన్నం అయ్యుంటాయి.



అయినా అతిసూక్ష్మ మోతాదుల్లో లభ్యమయ్యే పదార్థాలల్ని వేరు చెయ్యడం అంత తేలిక కాదు. కాని 1944లో ఆర్చర్ జాన్ పోర్టర్ మార్టిన్ (1910-2002), రిచర్డ్ లారెన్స్ మిల్లింగ్టన్ సిన్జ్ (1914-1994) అనే ఇద్దరు బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్తలు ఒక తెలివైన పద్ధతిని కనుక్కున్నారు. ఆ అణుమిశ్రమాన్ని నిలువుగా వేలాడదీసిన ఓ సచ్ఛిద్రమైన కాగితంతో (సూక్ష్మమైన కన్నాలున్న బ్లాటింగ్ పేపరులాంటిది) పట్టిస్తారు. మిశ్రమం తడిగా ఉంటుంది కాబట్టి అది కాగితంలో పైకి పాకుతుంది. వివిధ అణువులు వివిధ వేగాల్లో పైకి పాకుతాయి. కాసేపు అయ్యాక వివిధ రకాల అణువులు కాగితంలో వేరు వేరు ఎత్తుల్లో ఉంటాయి. ఇప్పుడు వాటిని తేలికగా వేరు చేయొచ్చు.

దీనినే పేపర్ క్రొమటోగ్రఫీ అంటారు. ఈ ఆవిష్కరణకి గుర్తింపుగా మార్టిన్, సింజ్‌లకి 1953లో రసాయనిక శాస్త్రంలో నోబెల్ బహుమతి లభించింది.

ఇప్పుడు కిరణజన్య సంయోగక్రియ జరుగుతున్న మొక్కలని కార్బన్-14 ఉన్న కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌తో సంపర్కంలో ఉంచి, అలా ఉత్పన్నమైన పదార్థాలని పేపర్ క్రొమటోగ్రఫీతో వేరు చెయ్యొచ్చు. అప్పుడు శాస్త్రవేత్తలు అలా వేరుపడ్డ అణువులలో ఎందులో కార్బన్-14 ఉందో తేలికగా గుర్తుపట్టగలరు. పైగా కార్బన్-14 చాలాసేపు స్థిరంగా ఉంటుంది కాబట్టి ఒక కొండగుర్తులా పనిచేస్తున్న కార్బన్-14 ఉన్న అణువులని శాస్త్రవేత్తలు తేలికగా పట్టుకోగలరు.

మొట్టమొదట్లో ప్రయోగాలన్నీ చాలా బాగా పనిచేశాయి. మొక్క నుజ్జు నుండి ఏర్పడ్డ సంక్లిష్ట మిశ్రమం పేపర్ క్రొమటోగ్రాఫ్ చేత వేరు చెయ్యబడింది. కాని చిక్కు ఏమిటంటే కార్బన్-14 ఉన్న అణువులు ఎన్నో ఉన్నాయి. వాటిలో ఏది ముందు పుట్టిందో చెప్పడం ఎలా?

అప్పుడు మెల్విన్ కాల్విన్ (1911-1997) అనే అమెరికన్ శాస్త్రవేత్తకి ఒక ఉపాయం తట్టింది. అదేంటంటే కిరణజన్య సంయోగక్రియని కొద్ది నిముషాల పాటూ నడిపించి నిలిపేయడం. అలా చేసినప్పుడు కొద్దిపాటి అణువులే ఉత్పన్నం అవుతాయి. అవే తొలి దశలలో పుట్టిన అణువులు.

1948లో కాల్విన్ తన పరిశోధనలు ప్రారంభించాడు. నీట్లో పెరిగే ఏకకణజీవాలని, ఆల్గే అనే మొక్కలని తన ప్రయోగాల్లో వాడాడు. ఆ ఆల్గేని కాంతితోను, మామూలు కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌తోను సంపర్కంలో ఉంచాడు.



**మెల్విన్ కాల్విన్**

ఆల్గే చురుకుగా కిరణజన్య సంయోగం చెందడం ఆరంభించగానే వాటిని ఓ సన్నని పొడవైన గాజు నాళం ద్వారా వేడి వేడి ఆల్కహాల్‌లోకి పోనిచ్చాడు. వేడి ఆల్కహాల్‌లో పడ్డ కణాలు చచ్చిపోతాయి. కణాలు నాళం ద్వారా ప్రయాణిస్తున్న సమయంలో కార్బన్-14 ఉన్న కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌ని కణాలు ఉన్న నీట్లోంచి బుడగలుగా ప్రవేశపెట్టాడు. ఈ ఏర్పాటు వల్ల కణాలకి కేవలం ఐదు సెకనుల కాలంపాటు మాత్రమే కార్బన్-14తో సంపర్కం దొరుకుతుంది. వెంటనే అవి అంతమవుతాయి.

అలా వచ్చిన ఆల్గేని నుజ్జు చేసి అందులోని అంశాలని పేపర్ క్రొమటోగ్రఫీ ద్వారా వేరు చేశాడు. ఇంచుమించు తొంభై శాతం కార్బన్-14 అంతా ఒకే పదార్థంలో ఉండడం కనిపించింది. పరిశీలించి చూడగా ఆ పదార్థం ఫాస్ఫోగ్లిసరిక్ ఆమ్లం అని తేలింది.



ఫాస్ఫోగ్లిసరిక్ ఆమ్లం అణువులో మూడు కార్బన్ అణువులు ఉంటాయి. ఆ మూడింటిలో ఏది కార్బన్-14 అయ్యిందో కూడా కనుక్కోగలిగాడు కాల్విన్. అలా చెయ్యడం వల్ల ఫాస్ఫోగ్లిసరిక్ ఆమ్లం ఎలా ఏర్పడిందో తెలిసింది.

ఇదే పంథాలో ఇంకా వివరంగా ప్రయోగాలు చేస్తూ పోగా కిరణజన్య సంయోగక్రియలోని చర్యలు ఎంత సంక్లిష్టమైనవో విశదమయ్యింది. ఈ కృషికి ఫలితంగా 1961లో కాల్విన్‌కి నోబెల్ బహుమతి దక్కింది.

ఆ విధంగా రెండు శతాబ్దాల క్రితం మొక్కలు ఆక్సిజన్‌ని పుట్టిస్తాయి అని ప్రీస్లీ కనుక్కున్న నాటి కన్నా ఇప్పుడు మనకి కిరణజన్య సంయోగక్రియ గురించి చాలా చాలా తెలుసు. కాని ఇప్పటికీ మనకి వివరాలన్నీ తెలియవు.

పచ్చని మొక్కలు వాటి సంక్లిష్టమైన పత్రహరితాలతో సాధించేదాన్ని ఇంకా సరళంగా కృత్రిమంగా ఎలా సాధించాలో ఇప్పటికీ మనకి తెలీదు. అదే తెలిస్తే సౌరశక్తిని కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌తోను, నీటితోను కలిపి, ఆ చర్యతో పెద్ద ఎత్తున చక్కెరలు, పిండి పదార్థాలు, రకరకాల ఆహారపదార్థాలు, పప్పుదినుసులు ఉత్పత్తి చెయ్యొచ్చు. అదే సాధ్యమైతే ఇక లోకంలో ఆకలి బాధే ఉండదు.

కాని ఆ రోజు రావాలంటే ఇంకా ఎంతో తెలుసుకోవాలి.

# 5. ఆరంభం

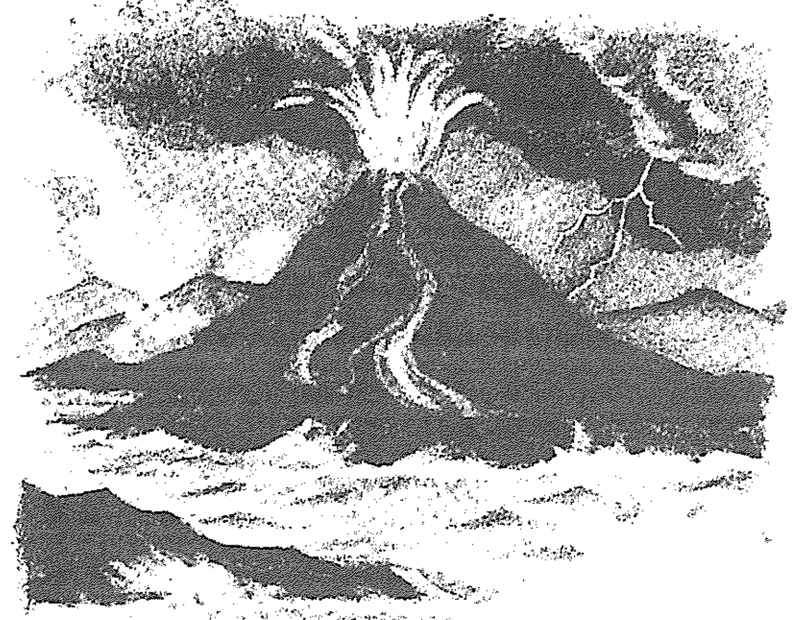
అసలు సృష్టిలో మొట్టమొదట కిరణజన్య సంయోగక్రియ ఎలా మొదలయ్యింది? దీనికి సమాధానం శాస్త్రవేత్తలకి తెలీదు. ఎందుకంటే అది జరిగినప్పుడు మనమెవ్వరమూ అక్కడ లేం కదా? కాని అసలు కిరణజన్య సంయోగక్రియ ఎలా ఆరంభమయ్యిందో కొంతవరకు తర్కించవచ్చు.

ఇంచుమించు 450 కోట్ల ఏళ్ల క్రితం భూమి ఆవిర్భవించినప్పుడు భూమి మీద జీవం ఉండేది కాదు. అంటే గాలిలో ఆక్సిజన్ ఉండేది కాదన్నమాట.

ఆక్సిజన్ చాలా సక్రియమైన పదార్థం. అది తేలికగా ఎన్నో రకాల ఇతర పరమాణువులతో కలుస్తుంది. తటాలున భూమి మీద జీవం అంతా మాయమైతే గాలిలోని ఆక్సిజన్ అంతా మెల్లమెల్లగా మట్టిలోని వివిధ అణువులతో కలిసి క్రమంగా మాయమైపోతుంది. ప్రస్తుతం వాతావరణంలో ఆక్సిజన్ ఉండడానికి కారణం కిరణజన్య సంయోగక్రియ వల్ల నీటినుండి ఆక్సిజన్ వేరుపడుతూ ఉండడమే. ఆదిలో భూమి మీద కిరణజన్య సంయోగక్రియ లేదు కాబట్టి ఆక్సిజన్ ఉండేది కాదు.

భూమికి చేరువగా ఉన్న గ్రహాలు మార్స్ (అంగారక గ్రహం), వీనస్ (శుక్ర గ్రహం). ఈ రెండు గ్రహాలలోని వాతావరణం ఉంది గాని జీవం లేదు. అందువల్ల ఆ వాతావరణాలలో నైట్రోజన్, కార్బన్‌డయాక్సయిడ్‌లు ఉన్నాయి కాని, ఆక్సిజన్ లేదు. బహుశ భూమి మీద కూడా తొలిరోజుల్లో గాలిలో నైట్రోజన్, కార్బన్ డయాక్సయిడ్‌లే ఉండేవేమో.





జీవి పుట్టుకకు ముందు పుడమి

వీనస్ మరీ వేడిగా ఉంటుంది, మార్స్ మరీ చల్లగా ఉంటుంది కాబట్టి ద్రవ్య రూపంలో నీరు వాటిమీద నిలవదు. అలా కాకుండా భూమి మీద ఉష్ణోగ్రత మధ్యస్తంగా ఉంటుంది కాబట్టి ఇక్కడ సువిస్తార సముద్రాలు ఉన్నాయి. తేడా అంతా అక్కడే వస్తోంది. సముద్రాల కారణంగా భూమి వాతావరణంలో మొదట్నుంచీ కూడా తేమ బాగా ఉంటుంది. అది కాకుండా మీథేన్, అమోనియా వంటి వాయువులు కూడా తొలిదశల నుండి ఉండేవి. మీథేన్ అణువులో ఒక కార్బన్ పరమాణువు, నాలుగు హైడ్రోజన్ పరమాణువులు ఉంటాయి. అమోనియా అణువులో ఒక నైట్రోజన్ పరమాణువు, మూడు హైడ్రోజన్ పరమాణువులు ఉంటాయి.

నైట్రోజన్, కార్బన్‌డయాక్సయిడ్, నీరు, మీథేన్, అమోనియా- ఇవన్నీ కూడా చిన్న అణువులు గల పదార్థాలు. తగినంత శక్తి లభ్యమైతే ఈ పదార్థాలు వివిధ విన్యాసాలలో కలిసి పెద్ద పెద్ద అణువులు ఏర్పడతాయి. భూమి మీద తొలిదశలలో మెరుపుల నుండీ, అగ్నిపర్వతాలనుండి పుష్కలంగా శక్తి ప్రవహిస్తూ

ఉండి ఉంటుంది. వీటన్నిటి కన్నా ముఖ్యంగా సూర్యకాంతిలోని అత్యంత శక్తివంతమైన అతినీల లోహిత కాంతి సమృద్ధిగా ఉండి ఉంటుంది. ఈ కాంతి మన కళ్లకి కనిపించకపోయినా ఒంటిమీద ఎండ పడినప్పుడు ఈ కాంతి కారణంగానే ఒళ్ళు చురుక్కుమంటుంది.

1952లో స్టాన్లీ లాయిడ్ మిల్లర్ (1930–2007) అనే అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త భూమి మీద తొలి వాతావరణంలో ఉండే కొన్ని సరళ వాయువుల మిశ్రమాన్ని తీసుకుని అందులోకి విద్యుత్ చురకల (electric sparks) రూపంలో శక్తిని ప్రవేశపెట్టాడు. ఓ వారం తరువాత పోయి చూడగా ఆ మిశ్రమంలో చిన్న అణువులు పెద్ద అణువులుగా సంయోగం చెందడం కనిపించింది.

ఆ తరువాత ఇతరులు కూడా అదే విధంగా ప్రయోగాలు చేసి చూడగా మరిన్ని ఆసక్తికరమైన అణువులు ఏర్పడినట్టు తెలిసింది. ఈ అణువులలో అమినోయాసిడ్‌లు కూడా ఉన్నాయి. ఈ అమినోయాసిడ్‌లే మాలికలుగా కలిసి ప్రోటీన్లుగా ఏర్పడతాయి. ఇవిగాక పలు న్యూక్లియోటయిడ్లు కూడా ఏర్పడ్డాయి. ఇవి కలిసి న్యూక్లిక్‌యాసిడ్ అణువులుగా మారతాయి. ఈ విధంగానే పార్ఫిరిన్ వలయాలు రూపొంది ఉండవచ్చు.

ఈ పదార్థాలన్నీ చాలా ముఖ్యమైనవే. ఎందుకంటే జీవరాశులలో రసాయనిక చర్యలని నియంత్రించే ఎంజైమ్లు ప్రోటీన్లే. అదేవిధంగా కణవిభజనని, జీవలక్షణాల అనువంశిక ప్రసారాన్ని నియంత్రించేది న్యూక్లిక్‌యాసిడ్లే. శ్వాసక్రియలోను, కిరణజన్య సంయోగక్రియలోను ముఖ్యపాత్ర ధరించే అణువుల్లో పార్ఫిరిన్ వలయాలు ప్రధాన భాగాలు.

సిడ్నీ వాల్టర్ ఫాక్స్ (1912–1998) అనే అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త అమినోయాసిడ్లని వెచ్చ చేస్తే అవి చిన్న చిన్న ప్రోటీన్‌ల వంటి అణువులుగా మారతాయి అని కనుక్కున్నాడు. ఇవి కలిసి చిన్న చిన్న గోళాకార రాశులుగా ఏర్పడతాయి. ఆ రాశులు చూడడానికి కణాల మాదిరిగానే ఉంటాయి. కాబట్టి మొదట భూమి మీద అలాంటి ప్రోటీన్ కణాలు ఏర్పడి ఉంటాయని ఊహించుకోవచ్చు. అతినీలలోహిత కాంతి ప్రభావంచేత చిన్న చిన్న అణువులు కలిసి అలా ఏర్పడి ఉండవచ్చు. వాటిలో హెచ్చుతగ్గులుగా జీవలక్షణాలు కొట్టొచ్చినట్టు కనిపించి



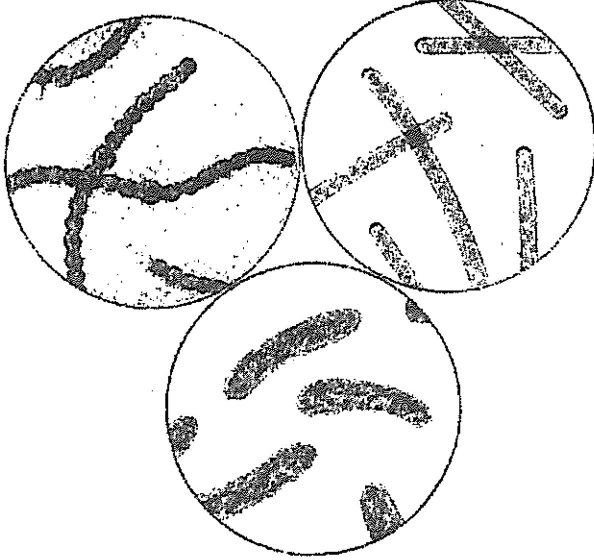
ఉండవచ్చు. జీవలక్షణం హెచ్చుగా ఉన్న అణువులు జీవలక్షణం తక్కువగా ఉన్న అణువులని భక్షిస్తూ ఉండవచ్చు.

అలాంటి ప్రోటీన్ కణాలు మరీ సరళంగా ఉండడం వల్ల అవి తీరుగా విభజితమై, వృద్ధి చెందలేకపోయి ఉండవచ్చు. అదేవిధంగా కొన్ని న్యూక్లిక్ యాసిడ్లు కూడా తీరుగా విభజితమైనా, ఎంజైమ్ల లేమి కారణంవల్ల అంతకన్నా ఏమి చేయలేకపోయి ఉండవచ్చు.

ఏదో ఒక దశలో ఈ ప్రోటీన్ కణాలు, న్యూక్లిక్ యాసిడ్ కణాలు కలిసి ఉండవచ్చు. అలా ఏర్పడ్డ కొత్త కణాలు మరింత సమర్థవంతంగా తయారై ఉండవచ్చు. విభజన, తదితర క్రియలన్నీ ఆ కణాలు సమర్థవంతంగా నిర్వహిస్తూ ఉండవచ్చు. ఈ కణాలు ఇంచుమించు 350కోట్ల ఏళ్ల క్రితం పుట్టి ఉండవచ్చు. వీటినే ప్రోకార్యోట్లు అంటారు. ఇప్పటికి ఇంకా సజీవంగా ఉన్న బాక్టీరియాకి ఇవి పూర్వీకులు. కాని మొట్టమొదటి ప్రోకార్యోట్లు నేడు మనం చూస్తున్న ఆధునిక బాక్టీరియాల కన్నా చాలా సరళంగా ఉండేవేమో.

వాతావరణం వేగంగా మారిపోతూ ఉండింది. సూర్యుడి నుండి వచ్చే అతినీల లోహిత కాంతి వాతావరణంలో పైపొరల్లో ఉండే నీటి ఆవిరి కణాలని ఆక్సిజన్, హైడ్రోజన్‌లుగా ఛేదిస్తూ ఉంటుంది. హైడ్రోజన్ పరమాణువులు మరీ చిన్నవి, తేలికైనవి కాబట్టి భూమి గురుత్వాకర్షణ వాటిని కిందకి లాగలేకపోవడం వల్ల అవి అంతరిక్షంలోకి ఎగిరిపోతాయి. ఇక గాలి పైపొరల్లో ఆక్సిజన్ పరమాణువులు మిగిలాయి. శక్తిమంతమైన అతినీల లోహిత కాంతి ప్రభావంవల్ల ఈ పరమాణువులు శక్తిమంతమైన మూడు పరమాణువులు గల సంయోగంగా మారతాయి. మామూలు ఆక్సిజన్‌లో ఉండే రెండు పరమాణువులకి బదులు ఈ కొత్త సంయోగంలో మూడు పరమాణువులు ఉంటాయి. దీననే ఓజోన్ అంటారు.

మామూలు ఆక్సిజన్ అయితే అతినీల లోహిత కాంతిని వాతావరణంలోంచి ప్రవేశించనిస్తుంది. కాని ఓజోన్ అలా ప్రవేశాన్నివ్వదు. అంటే గాలి పైపొరల్లో ఓజోన్ పొర వృద్ధి చెందుతున్న కొద్దీ ఇంకా ఇంకా తక్కువ అతినీలలోహిత కాంతి భూమికి చేరుతుంది. చిన్న అణువులు తక్కువ మోతాదుల్లో ఏర్పడసాగాయి. జీవకణాలకి తగినంత ఆహారం దొరక్క నాశనం కాసాగాయి.




**ప్రోకార్యోట్లు (సూక్ష్మదర్శినిలోంచి చూసినప్పుడు)**

కాని పార్ఫిరిన్ వలయం ఉన్న సంయోగాలు ఏర్పడి రాశులుగా ఏర్పడసాగాయి. ఓజోన్ పొరలోంచి ప్రవేశించగలిగే మామూలు దృశ్య కాంతిలోని శక్తిని ఇవి సునాయాసంగా గ్రహించగలిగేవి. మొదట్లో పార్ఫిరిన్ వలయాలు కాంతిని కాస్త అసమర్ధంగా వాడుకునేవి. కాని కాలక్రమేణా అవి కాంతిని మరింత సమర్థంగా వాడుకోవడం ప్రారంభించాయి. ఆహార వనరులని పోగుచేసుకుని వృద్ధి చెందాయి. అలా కొన్ని లక్షల ఏళ్ళు గడిచాక దృశ్య కాంతిలోని శక్తిని మరింత సమర్థంగా వినియోగించుకోసాగాయి. క్రమంగా పార్ఫిరిన్ కణాలు పత్రహరితానికి చాలా సన్నిహితంగా ఉండే అణువులని నిర్మించసాగాయి. అవి క్లోరోప్లాస్ట్‌లని పోలిన అంశాలుగా రూపుదిద్దుకోసాగాయి. ఇప్పటికీ బాక్టీరియాల లాంటి కొన్ని చిన్న చిన్న కణాలు ఉన్నాయి. ఇవి క్లోరోప్లాస్ట్‌ల కన్నా అంత పెద్దవేమీ కావు. వీటినే సయనో బాక్టీరియా అంటారు. ఇవి ప్రోకార్యోట్ల ద్వితీయ రూపం.



ఈ క్లోరోప్లాస్ట్‌లు నీటి అణువులని విచ్ఛిన్నం చేసి హైడ్రోజన్ అణువులని, దాని నుండి ఆహారాన్ని పుట్టిస్తాయి. ఆక్సిజన్ పరమాణువులు గాల్లో కలిసి అక్కడ పోగవసాగాయి. మొట్టమొదటి జీవరాశులు ఈ సక్రియమైన ఆక్సిజన్ అణువుల ధాటికి తట్టుకోలేక నాశనమయ్యాయి.

మెల్లగా పార్ఫిరిన్ అణువులు కొన్ని ఎంజైమ్‌లని తయారుచేశాయి. ఈ ఎంజైమ్‌లు ఆక్సిజన్‌ని కార్బన్, హైడ్రోజన్‌లతో కలిపి శక్తిని వెలికి తీయగలిగాయి. ఇవి ఆధునిక మైటోకాండ్రియాకి పూర్వీకులు అనుకోవచ్చు. ఇవి కూడా మరో జాతి ప్రోకార్యోట్లే.

రెండు వందల కోట్ల ఏళ్లపాటు ఒక్క ప్రోకార్యోట్లే భూమిమీద అనన్య జీవరాశులుగా నిలిచాయి.

మెల్లమెల్లగా ఈ ప్రోకార్యోట్లు కలిసి మరింత పెద్ద, సంక్లిష్టమైన కణాలుగా మారాయి. న్యూక్లిక్ యాసిడ్‌లు, ప్రోటీన్‌లు ఉన్న కణాలు, క్లోరోప్లాస్ట్‌లతోను, మైటోకాండ్రియాతోను కలిసి ఆధునిక వృక్ష కణాలని పోలిన కణాలు నిర్మించబడ్డాయి. కొన్ని మైటోకాండ్రియాతో మాత్రమే కలిసి జంతు కణాలని పుట్టించాయి. ఈ రెండు జాతులని యూకార్యోట్లు అంటారు.

గత మూడు కోట్ల ఏళ్లలో జీవరాశులన్నిటిలో యూకార్యోట్లే ప్రధాన పాత్ర వహిస్తూ వచ్చాయి. 80 కోట్ల ఏళ్ల క్రితం నుండి ఈ కణాలు కలిసి బహుళ కణాలు గల మొక్కలుగా, జంతువులుగా మారాయి. వీటినే బహుళ కణజీవులు అంటారు.

ప్రస్తుతం ప్రపంచం బహుళకణాలు గల మొక్కలతో, జంతువులతో నిండిపోయింది – చెట్లు, చేపలు, మనుషులు, సీతాకోక చిలుకలు, చిలుకలు ఇలా నానా రకాల వృక్ష, జంతు రాశులతో కిటకిటలాడుతోంది. ఒకే కణం గల మొక్కలు, జంతువులు ఇంకా ఉన్నాయి. ఆక్సిజన్ సమక్షంలో బతకలేని బాక్టీరియాలు ఇంకా ఉన్నాయి. వాటి కణాలలో మైటోకాండ్రియాలో ఎప్పుడూ జతపడలేదన్నమాట.

ఆక్సిజన్‌మీద ఆధారపడని బాక్టీరియాలు, వాటిని తిని బతికే ఇతర జీవాలు మినహాయిస్తే, తదితర జీవజాతులన్నీ ప్రత్యక్షంగానో, పరోక్షంగానో కిరణజన్య సంయోగక్రియ మీద ఆధారపడేవే. కిరణజన్య సంయోగక్రియ లేకపోయుంటే

ఈ భూమి ప్రాథమిక జీవరాశులు మాత్రమే ఉండే ఆదిమ యుగం దగ్గరే ఆగిపోయి ఉండేది.

అందుకే నేటి పర్యావరణ శాస్త్రవేత్తలు పచ్చని బయళ్ళని, అడవులని సంరక్షించమని ఘోషిస్తూ ఉన్నారు. జీవదాయక సూర్యరశ్మి నేలకి చేరకుండా అడ్డుపడే వాతావరణ కాలుష్యాన్ని అరికట్టమని పోరు పెడుతూ ఉన్నారు. శాస్త్రవేత్తలు ఇలాగే ప్రశ్నిస్తూ ఆ ప్రశ్నలకి సమాధానాల కోసం అన్వేషిస్తూ ఉండాలి. అలా చేస్తూ పోతే క్రమంగా భూమి మీద కిరణజన్య సంయోగక్రియ అనే చక్కని, పచ్చని కథలో కొత్త అధ్యాయాలు తెరుచుకుంటాయి.